Fg 1812
1997

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI

SERIE NOUĂ

Tomul I (V)

FASC. 1-2

1955

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC

DIN IAŞI

SERIE NOUĂ

Tomul I (V)

FASC. 1-2

1955

1989

F

1812

Budapesti Műszaki Egyetem
Központi Könyvtára
Folyóiratolvasó
4186

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
KÖZPONTI KÖNYVTÁRA
1848

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ATANASIU D., prof. MANGERON D., prof. SIMIONESCU Cr. membru corespondent al Academiei R. P. R.

Redactor responsabil, prof. MATEI ILIE, membru corespondent al Academiei R. P. R.

Secretar, lector ROSMAN HUGO

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
SERIE NOUĂ
TOMUL I (V), fasc. 1-2 1955

SUMAR

Pag.

AL. CLIMESCU, Independența condițiilor de asociativitate . . . 1
F. MARCUS, Asupra șirurilor *F* 2
N. CALINICENCO, C. RUSCIOR și CORNELIA CIOBANU, Transportul substanței la electrozii de arc în curentul continuu . . . 25
EMIL LUCA, GH. ILIESCU și N. REUS, Contribuții la determinarea eficacității maxime a ecranelor fluorescente 33
V. PETRESCU, EMIL LUCA și GH. SAVIN, Contribuții prime la stabilirea de relații între elementele electrice ale particulei oscilante și lungimea de undă emisă în cadrul celor mai scurte unde electromagnetice 39
M. ȘCHIOPU, O metodă analitică pentru desenarea modelelor cristalografice 45
V. DIACONESCU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN și ELENA CORLĂȚEANU, Obținerea catalizatorilor cu bază de vanadiu pentru industria acidului sulfuric 53
C. CALISTRU, AUREL POPOVICI și CORNELIA LEONTE, Influența distanței dintre electrozi asupra procesului de electroliză a clorurei de sodiu cu catoda de mercur 67
C. BRANIȘTE, OREST NICHITA și SILVIA ȘERBAN, Utilizarea deșeului de sulfat de sodiu de la fabricarea bicromatului pentru obținerea silicatului de sodiu 79
ILIE MATEI, ELENA COCEA și TATIANA LIXANDRU, Condensarea benzoinei cu meta- și para-aminofenol. Derivați cumaronici . . 89
ILIE MATEI și ELENA COCEA, Un nou colorant pe bază de *m*-aminofenol 101
CR. SIMIONESCU, V. DIACONESCU, E. CALISTRU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN, MARG. GRIGORAȘ, I. OPREA, ELENA CORLĂȚEANU, N. ASANDEI, AGATA CERNĂTESCU și IULIUS WENGER, Contribuții în problema încleierii hârtiei II. Încleierea în mediu alcalin 107
GH. BOTEZ, M. MĂRINESCU și ANA CIOCHINĂ, Compoziția uleiului ușor obținut la distilarea uscată a lemnului de salcie . . . 123
GH. HUIDOVICI, TIB. GOLGOȚIU, AURORA BORDEA, GH. MOROI, MARIA ANGELESCU, JULIETA LINDE și ANGELA LUCA, Protecția muncii în întreprinderi cu atmosferă nocivă de amoniac . 131
GH. ALEXA, EUG. POPA și N. IOAN, Asupra comportării la „sulfonare" a uleiului de delfin 137
H. HIRSCH, H. HASS și E. CĂZĂCEANU, Noi surse de materii tanante 149
HUGO ROSMAN și ALFRED BRAIER, Randamentul transmisiei energiei electrice prin cuadripoli. Nota IV. Transmisia energiei prin cuadripoli nereciproci 159
GH. SAVIN, D. BĂRBULESCU, GH. ILIESCU și V. PETRESCU, Procedeu nou pentru analiza armonicelor introduse în curba curentului, de histereză și saturația mizurilor de oțel 173
V. PETRESCU, EMIL LUCA și GH. SAVIN, Contribuții la lărgirea domeniului de măsură la capacimetri simpli, ce folosesc oscilații de relaxare 177
C. ONU și MARCEL IȚICOVICI, O metodă nouă pentru măsurarea curenților de ordinul 10^{-15} A cu lămpi electronice montate ca electrometru 185
V. CORLĂȚEANU, GH. ȘERBAN și M. VASILCIUC, Armonice la transformatoarele cu fluxuri forțate și montaj Yy în funcționarea nesimetrică 199
N. V. BOȚAN, I. FILIPIUC, AL. POEATĂ și I. BEJAN, Studiul comportării motorului asincron în scurt circuit alimentat de la un generator asincron 213
D. MANGERON și CORNELIU DRĂGAN, O nouă metodă de determinare a accelerațiilor la mecanisme plane de clasa a doua . . 229
T. I. CĂMPAN și A. SIMIONESCU, Despre gradarea și posibilitatea de utilizare a cupiurilor termoelectrice prin contact mecanic și contact de frecare 249

N. G. POPINCEANU, D. E. ȘERBAN și I. M. CRUDU, Contribuții la calculul la oboseală în construcția de mașini 257
CESAR BUDA, Determinarea unghiurilor de așezare și de degajare la ascuțirea cuțitelor normale 295
CESAR BUDA, Determinarea coordonatelor de lucru ale frezei ce taie canalele unui alezor 302
VICTOR BAUȘIC și CRISTIAN LINDE, Studiul unei construcții raționale a roților de abatere pentru lanțuri sudate, calibrate, cu zale scurte 315
CESAR BUDA, Trasarea paletelor unui ventilator centrifugal . . 321
CESAR BUDA, Patru probleme în legătură cu volumul de aer aspirat într-un compresor cu palete alunecătoare 325
EMIL GAIGINSCHI și GÉRARD D'ALBON, Utilizarea noțiunii : domeniul de reversibilitate a mașinilor termice, pentru stabilirea gradului de perfecție a ciclurilor teoretice a motoarelor cu ardere internă 337
EMIL GAIGINSCHI și VALERIU CERNESCU, Ciclul general al motoarelor cu ardere internă perfecte. Considerațiuni asupra expresiilor generale ale randamentului termic și ale presiunii medii . . 345
CONSTANTIN CIOBANU, Studiul pierderilor de sarcină în bucle și serpentine 363
CONSTANTIN CIOBANU, Studiu asupra posibilității realizării electropompelor monobloc 359
GÉRARD D'ALBON, C. CIOBANU și DAN URSESCU, Determinarea vitezelor economice în conductele de ventilație . . . 379
MAX ROSNER, AURELIAN SIMIONESCU și C. CIOCHINĂ, Cu privire la influența vitezei de tăiere asupra schimbării proprietăților mecanice ale stratului desprins la așchierea oțelurilor necălite 403
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ și EMIL ANDREI, Contribuțiuni la studiul cementării oțelului carbon 417
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ și EMIL ANDREI, Cementarea oțelurilor carbon de calitate (STAS 880—49) cu amestec nou pe bază de $CaCO_3$ 433
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ și EMIL ANDREI, Cementarea oțelurilor carbon cu amestec nou pe bază de dolomită 443
N. PREDA, VICTOR BAUȘIC, TH. SILION, ST. VOICULESCU și D. HORBANIUC, O generalizare a ecuației fibrei elastice a barelor . 461
A. ȘESAN și N. POPESCU, Asupra ecuațiilor reduse ale metodei deformațiilor 467
A. ȘESAN, N. POPESCU și N. ORLOVSCHI, Calculul iterativ al cadrelor folosind numai echilibrările de noduri 473
N. POPESCU, Simplificări în calculul cadrelor prin folosirea metodei transmiterii momentelor 485
VIRGIL FOCȘA și ADRIAN ALEXANDRESCU, Asupra calculului săgeții grinzilor încleiate de lemn cu moment de inerție variabil . 497
AUREL CERNĂTESCU și GH. DIMA, Studiul sistemelor de piloți supuse la mișcări de translație 503
AL. CHELĂRESCU și P. CMIT, Monografia materialelor de construcție din regiunea Iași 512
AL. CHELĂRESCU, Contribuțiuni la studiul argilelor din Moldova . . 519
D. ATANASIU, ELISABETA PĂUNEL BENIAMIN WEINȘTEIN și BORIS NEMESCU, Contribuțiuni la studiul balastului de Siret (Liteni) pentru ameliorarea lui în vederea lucrărilor rutiere. . . 537

NOTE

C. CALISTRU, AL. CHELĂRESCU, V. CORLĂȚEANU, TOMA FĂRCAȘ D. MAGERON și GH. UNGUREANU, Dezvoltarea învățământului tehnic superior din Moldova 547

NECROLOG

MAX ROSNER (GH. CAȘLER) 557

ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

НОВАЯ СЕРИЯ

Том. I (V), выпуск 1-2 1955 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

АЛ. КЛИМЕСКУ, Независимость условий ассоциативности 1
Ф. МАРКУС, О рядах F 2
Н. КАЛИНИЧЕНКО, К. РУСЧОР и КОРНЕЛИЯ ЧОБАНУ, Перенос вещества в электрической дуге прямого тока 25
ЕМИЛ ЛУКА, Г. ИЛИЕСКУ и Н. РЕУС, К определению максимальной эффективности флуоресцирующего экрана 33
В. ПЕТРЕСКУ, ЕМИЛ ЛУКА и Г. САВИН, Первые вклады по определению соотношений между электрическими элементами колеблющей частицы и длиной излучённой волны, в области самых коротких электромагнитных волн 39
М. ШКИОПУ, Аналитический метод рисовать кристаллографические модели . 45
В. ДИАКОНЕСКУ, ЕМ. ПОППЕЛ, ДОРЕЛ ФЕЛДМАН и ЕЛЕНА КОРЛЭЦЯНУ, Получение катализаторов на основе ванадия для производства серной кислоты 53
К. КАЛИСТРУ, АУРЕЛ ПОПОВИЧ и КОРНЕЛИЯ ЛЕОНТЕ, Влияние расстояния между электродами на процесс электролиза хлористого натрия со ртутным катодом 67
К. БРАНИШТЕ, ОРЕСТ НИКИТА и СИЛЬВИЯ ШЕРБАН, Использование сернокислого натрия, получаемого как отходы в производстве двухромокислого натрия для получения кремнекислого натрия . . . 79
ИЛИЕ МАТЕЙ, ЕЛЕНА КОЧА и ТАТЬЯНА ЛИКСАНДРУ, Конденсация бензоина с мета—и пара - аминофенолом 89
ИЛИЕ МАТЕЙ и ЕЛЕНА КОЧА, Новый краситель из m аминофенола . . 101
КР. СИМИОНЕСКУ, В. ДИАКОНЕСКУ, Е. КАЛИСТРУ, ЕМ. ПОППЕЛ, ДОРЕЛ ФЕЛДМАН, МАРГ. ГРИГОРАШ, И. ОПРЕА, ЕЛЕНА КОРЛЭЦЯНУ, Н. АСАНДЕЙ, АГАТА ЧЕРНЭТЕСКУ и ЮЛИУС ВЕНГЕР, Проклейка бумаги в щелочной среде. Сообщение 2-ое 107
Г. БОТЕЗ, М. МАРИНЕСКУ и АНА ЧОКИНЭ, Состав легкого ивового масла, полученного при сухой перегонке масла 123
Г. ГУЙДОВИЧ, ТИБ. ГОЛГОЦИУ, АУРОРА БОРДЯ, Г. МОРОЙ, МАРИЯ АНЖЕЛЕСКУ, ЖУЛЬЕТА ЛИНДЕ и АНЖЕЛА ЛУКА, Протекция работающих в помещениях насыщенных газообразным аммиаком 131
Г. АЛЕКСА, ЕВГ. ПОПА и Н. ИОАН, К вопросу о поведении дельфинового масла при сульфировании 137
Г. ГИРШ, Г. ГАСС и Е. КЭЗЭЧЯНУ, Новые источники дубильных материалов 149
ГУГО РОСМАН и АЛЬФРЕД БРАЙЕР, К. п. д. передачи электроэнергии через четырёхполюсники. Сообщение 4-ое 159
Г. САВИН, Д. БЭРБУЛЕСКУ, Г. ИЛИЕСКУ и В. ПЕТРЕСКУ, Новый способ для анализа гармоник введенных в кривую тока гистерезисом и насыщенностью стальных сердечников 173
В. ПЕТРЕСКУ, ЕМИЛ ЛУКА и Г. САВИН, Вклад к расширению области измерений у простых измерителей емкости, пользуясь релаксационными колебаниями 177
К. ОНУ и МАРЧЕЛ ИЦИКОВИЧ, Новый метод измерения токов порядка-10^{-15}А электронными лампами монтированными как электрометр . . 185
В. КОРЛЭЦЯНУ, Г. ШЕРБАН и М. ВАСИЛЬЧУК, Гармоники высшего порядка в трехфазных трансформаторах, вынужденного потока связи Yy при асимметричной нагрузке 199
Н. В. БОЦАН, И. ФИЛИПЮК, АЛ. ПОЯТЭ и И. БЕЖАН, Исследование работы асинхронного короткозамкнутого двигателя при его питании от асинхронного генератора 213
Д. МАНЖЕРОН и КОРНЕЛИУ ДРЭГАН, Новый метод определения ускорений плоских механизмов II-го класса 229
Т. И. КЫМПАН и А. СИМИОНЕСКУ, О градуировании и о возможности употребления термопар с механическим или фрикционным контактом . 249
Н. Г. ПОПИНЧЯНУ, Д. Е. ШЕРБАН и И. М. КРУДУ, К расчету на уста-

Стр.

лость в машиностроении 257
ЦЕЗАРЬ БУДА, Определение задних и передних углов для нормальных резцов при оттачивании 295
ЦЕЗАРЬ БУДА, Определение рабочих координат фрезы режущей канавки развёртки 303
ВИКТОР БАУШИК и КРИСТИАН ЛИНДЕ, Исследование рациональной конструкции блоков для сварных, калиброванных, короткозвенных цепей 315
ЦЕЗАРЬ БУДА, Размётка лопаток центробежного вентилятора . . . 321
ЦЕЗАРЬ БУДА, Четыре задачи в связи с объёмом воздуха всасываемого ротационным пластинчатым компрессором 325
ЕМИЛ ГАЙЖИНСКИЙ и ЖЕРАРД Д'АЛБОН, Применение понятия: области обратимости тепловых двигателей, при определении степени совершенства теоретических циклов двигателей внутреннего сгорания 337
ЕМИЛ ГАЙЖИНСКИЙ и ВАЛЕРИУ ЧЕРНЕСКУ, Общий цикл идеальных двигателей внутреннего сгорания, об общих выражениях термического к. п. д. и среднего давления 345
КОНСТАНТИН ЧОБАНУ, Исследование потерь давлений на поворотах и серпентине 363
КОНСТАНТИН ЧОБАНУ, Исследование возможности реализации электропомпы моноблок 369
ЖЕРАР Д'АЛБОН, К. ЧОБАНУ и ДАН УРСЕСКУ, Определение экономичных скоростей во внутренних вентиляционных трубах . . 379
МАКС РОСНЕР, АУРЕЛИАН СИМИОНЕСКУ и К. ЧОКИНЭ, Об изменении под влиянием скорости резания механических свойств срезаемого слоя, полученного при резании незакаленных сталей . . 403
ТОМА ФЭРКАШ, ТИБЕРИУ ГОЛГОЦИУ, Г. АИЛИНКЭЙ, К. ЧОКИНЭ и ЕМИЛ АНДРЕЙ, Вклад к изучению цементации углеродистой стали 417
ТОМА ФЭРКАШ, ТИБЕРИУ ГОЛГОЦИУ, Г. АИЛИНКЭЙ, К. ЧОКИНЭ и ЕМИЛ АНДРЕЙ, Цементация качественных углеродистых сталей (STAS 880-49) с новой смесью на основе $CaCO_3$ . . . 433
ТОМА ФЭРКАШ, ТИБЕРИУ ГОЛГОЦИУ, Г. АИЛИНКЭЙ, К. ЧОКИНЭ и ЕМИЛ АНДРЕЙ, Цементация углеродистых сталей со смесями на основе доломита 443
Н. ПРЕДА, ВИКТОР БАУШИК, Ф. СИЛИОН, ШТ. ВОЙКУЛЕСКУ и Д. ГОРБАНЮК, Обобщение уравнения изогнутой оси балки . . 461
А. ШЕСАН и Н. ПОПЕСКУ, Сокращенные уравнения метода деформаций . 464
А. ШЕСАН, Н. ПОПЕСКУ и Н. ОРЛОВСКИЙ, Итеративный расчет рам при использовании уравновешивания одних узлов . . . 473
Н. ПОПЕСКУ, Упрощение расчета рам путем введения метода передачи моментов 485
ВИРЖИЛ ФОКША и АДРИАН АЛЕКСАНДРЕСКУ, К расчету прогиба деревянных проклеенных балок под действием поперечных нагрузок . 497
АУРЕЛ ЧЕРНЭТЕСКУ и Г. ДИМА, Исследование свайных систем подвергнутых трансляционным движениям 503
АЛ. КЕЛЭРЕСКУ и П. КМИТ, Монография строительного материала ясской области 512
АЛ. КЕЛЭРЕСКУ, К исследованию глин Молдовы 519
Д. АТАНАСИУ, ЕЛИСАВЕТА ПЭУНЕЛ, БЕНИАМИН ВЕЙНШТЕЙН и БОРИС НЕМЕСКУ, Исследование смеси гравия добытой из русла Сирета (в зоне Литень) для использования в дорожном строительстве 537

ЗАМЕТКИ

К. КАЛИСТРУ, АЛ. КЕЛЭРЕСКУ, В. КОРЛЭЦЯНУ, ТОМА ФЭРКАШ, Д. МАНЖЕРОН и Г. УНГУРЯНУ, Развитие высшего технического образования в Молдове 547

НЕКРОЛОГ

МАКС РОСНЕР (Г. Кашлер) 557

BULLETIN DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE JASSY
SÉRIE NOUVELLE
TOME I (V), fasc. 1-2 1955

SOMMAIRE

	Pag
AL. CLIMESCU, L'indépendance des conditions d'associativité	1
F. MARCUS, Sur les suites *F*	11
N. CALINICENCO, C. RUSCIOR, et CORNELIA CIOBANU, Le transport de substance dans l'arc électrique à courant continu	25
EMIL LUCA, GH. ILIESCU et N. REUS, Contribution à la détermination de l'efficacité maximum des ecrans fluorescents	33
V. PETRESCU, EMIL LUCA et GH. SAVIN, Premières contributions à l'étude des relations qui interviennent entre les caractéristiques électriques de la particule génératrice et la longueur d'onde émise par les plus courtes ondes électromagnétiques	39
M. ŞCHIOPU, Une méthode analitique pour dessiner les modèles cristallographiques	45
V. DIACONESCU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN et ELENA CORLĂŢEANU, L'obtention des catalyseurs au vanadium destinées à l'industrie de l'acide sulfurique	53
C. CALISTRU, AUREL POPOVICI et CORNELIA LEONTE, Influence de la distance entre les électrodes sur le processus d'électrolyse de la chlorure de sodium à cathode de mercure	67
C. BRANIŞTE, OREST NICHITA et SILVIA ŞERBAN. L'utilisation du déchet de sulfate de natrium provenant de la fabrication du bichromate pour l'obtention du silicate de natrium	76
ILIE MATEI, ELENA COCEA und TATIANA LIXANDRU, Kondensation von Benzoin mit *m*-und *p*-Aminophenol. Cumaronderivate	89
ILIE MATEI und ELENA COCEA, Ein neuer Farbstoff aus *m*-Aminophenol	101
CR. SIMIONESCU, V. DIACONESCU, E. CALISTRU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN, MARG. GRIGORAŞ, I. OPREA, ELENA CORLĂŢEANU, N. ASANDEI, AGATA CERNĂTESCU et IULIUS WENGER, Contributions au problème de l'encollage du papier. II. L'encollage du papier en milieu alcalin	107
GH. BOTEZ, M. MARINESCU et ANA CIOCHINĂ, La composition de la fraction légère du goudron de saule	123
GH. HUIDOVICI, TIB. GOLGOŢIU, AURORA BORDEA, GH. MOROI, MARIA ANGELESCU, IULIETA LINDE et ANGELA LUCA, Protection du travail dans les entreprises à atmosphère nocive d'ammoniac	131
GH. ALEXA, EUG. POPA et N. IOAN, Sur le comportement de l'huile de dauphin à la sulfonation	137
H. HIRSCH, H. HASS et E. CĂZĂCEANU, Nouvelles sources de matières tannantes	149
HUGO ROSMAN et ALFRED BRAIER, Le rendement de la transmission de l'énergie électrique par des quadripôles. Note IV. La transmission de l'énergie par des quadripôles nonréciproques	159
GH. SAVIN, D. BĂRBULESCU, GH. ILIESCU et V. PETRESCU, Nouveau procédé d'analyse des harmoniques introduites dans la courbe du courant par l'hystérésis et par la saturation des noyaux d'acier	173
V. PETRESCU, EMIL LUCA et GH. SAVIN, Contributions à l'élargissement du domaine de mesure aux capacimètres simples, utilisant des oscillations de relaxation	177
C. ONU et MARCEL IŢICOVICI, Méthode nouvelle pour la mesure des courants de l'ordre de 10^{-15}A à l'aide des tubes électroniques montés en électromètre	185
V. CORLĂŢEANU, GH. ŞERBAN et M. VĂSILCIUC, Les harmoniques d'ordre supérieur des transformateurs triphasés à flux forcé, aux connexions Yy, quand la charge est asymétrique	199
N. V. BOŢAN, I. FILIPIUC, AL. POEAŢĂ et I. BEJAN, Étude du comportement du moteur asynchrone en court circuit, alimenté par une génératrice asynchrone	213
D. MANGERON et CORNELIU DRĂGAN, Une nouvelle méthode de détermination des accélérations des mécanismes plans de II-e classe	229

T. I. CĂMPĂN und A. SIMIONESCU, Über das Eichen und die Anwendbarkeit der Thermoelementen mit mechanischem Kontakt und Reibungskontakt der Drahtenden 249
N. G. POPINCEANU, D. E. ȘERBAN und I. M. CRUDU, Zur Berechnung auf Dauerfestigkeit der Maschinenteile 257
CESAR BUDA, Détermination des angles de dépouille et de dégagement en vue de l'affutage des outils de tour 295
CESAR BUDA, Détermination des coordonnées de la fraise qui réalise les rainures d'un alésoir 303
VICTOR BAUȘIC et CRISTIAN LINDE, L'étude d'une construction rationelle des poulies de guidage pour les chaînes soudées, calibrées à maillons courts 321
CESAR BUDA, Le traçage des palettes d'un ventilateur centrifuge . 315
CESAR BUDA, Quatre problèmes regardant le volume d'air aspiré par un compresseur au rotor excentrique 325
EMIL GAIGINSCHI et GÉRARD D'ALBON, L'utilisation de la notion: domaine de réversibilité des machines thermiques, pour l'établissement du degré de perfection des cycles théoriques des moteurs à combustion interne 337
EMIL GAIGINSCHI et VALERIU CERNESCU, Le cicle générale des moteurs à combustion interne perfectes. Considérations sur les expressions générales du rendement thérmique et de la pression moyenne 347
CONSTANTIN CIOBANU, L'étude des pertes de pression dans les boucles et serpentins 363
CONSTANTIN CIOBANU, L'étude sur la possibilité de réalisation des électropompes monobloc 369
GÉRARD D'ALBON, C. CIOBANU et DAN URSESCU, La détermination des vitesses économiques des conduites intérieures de ventilation 379
MAX ROSNER, AURELIAN SIMIONESCU et C. CIOCHINĂ, Sur l'influence de la vitesse de coupe sur la modification des propriétés mécaniques du copeau détaché à la taille des aciers récuits . 403
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ et EMIL ANDREI, Contribution a l'étude de la cémentation de l'acier carbon 417
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ et EMIL ANDREI, La cémentation des aciers carbon de qualité (STAS 880-49) avec un nouveau mélange à base de $CaCO_3$. 433
TOMA FĂRCAȘ, TIBERIU GOLGOȚIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ et EMIL ANDREI, La cémentation des aciers carbon à l'aide d'un nouveau mélange ayant à la base de la dolomite . . . 444
N. PREDA, VICTOR BAUȘIC, TH. SILION, ȘT. VOICULESCU et D. HORBANIUC, Eine Gleichungsverallgemeinerung der elastichen Linie der Stäbe 461
A. ȘESAN et N. POPESCU, Des équations réduites de la méthode des déformations 467
A. ȘESAN, N. POPESCU et N. ORLOVSCHI, Le calcul iteratif des cadres utilisant seulement l'équilibre des noeuds 473
N. POPESCU, Simplifications concernant le calcul des cadres par l'utilisation de la méthode de la transmission des moments 485
VIRGIL FOCȘA et ADRIAN ALEXANDRESCU, Sur le calcul de la flèche des poutres de bois collé à moment d'inertie variable . . . 497
AUREL CERNĂTESCU et GH. DIMA, Étude sur les systèmes de pilotis soumis à un mouvement de translation 503
AL. CHELĂRESCU et P. CMIT, Monographie der Baumaterialien in dem Gebiete Iași 512
AL. CHELĂRESCU, Beiträge zum Studium des Tons in der Moldau . . 519
D. ATANASIU, ELISABETA PĂUNEL, BENIAMIN WEINSTEIN et BORIS NEMESCU, Étude sur le gravier de Sireth (Liteni) employé comme materiel routier 537

NOTES

C. CALISTRU, AL. CHELĂRESCU, V. CORLĂȚEANU, TOMA FĂRCAȘ, D. MANGERON et GH. UNGUREANU, Le développement de l'enseignement technique supérieur en Moldavie . . . 547

NECROLOGUE

MAX ROSNER (GH. CAȘLER) 557

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

INDEPENDENŢA CONDIŢIILOR DE ASOCIATIVITATE

DE

AL. CLIMESCU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

1. Se poate formula următoarea problemă, interesantă deopotrivă din punct de vedere logic, respectiv matematic :

Fiind dată o proprietate algebrică (adică păstrată prin homomorfisme) în ce măsură poate fi ea impusă numai parţial ? (problema independenţii).

Un caz particular a fost deja indicat de către L. Rédei (citat de Szász [2]), care a pus problema de a se determina în ce măsură sînt independente condiţiile de asociativitate care se pot impune unora din produsele de trei factori ale unei algebre prevăzută cu o singură operaţie binară. Szász (loc. cit.) a dat un răspuns parţial la această problemă demonstrînd că, pentru algebrele de ordin cel puţin egal cu trei, ternele de tipul (a,a,b), $(a,b,b,)$ (a,b,a), (a,b,c) sînt izolabile (v. def. I), iar pentru algebrele de ordin cel puţin egal cu patru, terna (a,a,a) este de asemenea izolabilă.

Ne propunem să generalizăm şi să completăm rezultatul lui Szász.

2. Vom considera o clasă de algebre, notate generic cu A, de un ordin nespecificat n (finit sau nu), fiecare algebră A fiind prevăzută cu acelaşi ansamblu de operaţii finitare.

Definiţia I. *Dacă* $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ *este o operaţie a algebrei* A, $(2n-1)$ *— uplul* $(a_1, a_2, \ldots, a_{2n-1})$ *se va numi izolat de prima specie în raport cu operaţia* f *dacă el nu este asociativ, adică dacă nu sînt egale toate elementele*

$$f(a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}, f(a_n, a_{n+1}, \ldots, a_{2n-1})), f(a_1, \ldots, a_{n-2}, f(a_{n-1}, \ldots, a_{2n-2}), a_{2n-1})$$
$$\ldots, f(f(a_1, \ldots, a_{n-1}), a_n, \ldots, a_{2n-1}),$$

în timp ce oricare alt $(2n-1)$*— uplu este asociativ.*

Pentru $n = 2$ definiţia I coincide cu cea dată de Szász.

Definiţia II. $(a_1, \ldots, a_{2n-1})$ *se va numi izolat de specia a doua în raport cu* f *dacă el este asociativ, în timp ce oricare alt* $(2n-1)$*— uplu este neasociativ.*

Definiţia I'. Numim pentru prescurtare $(a_1, \ldots, a_{2n-1})$ şir asociativ (respectiv neasociativ) pentru operaţia f după cum se prezintă unul

sau celălalt din cazuri. Atunci *un ansamblu de şiruri se va numi izolat de specia întâia în raport cu operaţia f dacă fiecare şir din ansamblu este neasociativ în timp ce oricare alt şir este asociativ.*

Definiţia II'. *Un ansamblu de şiruri se va numi izolat de specia a 2-a în raport cu operaţia f dacă şirurile din ansamblu sînt asociative în timp ce toate celelalte şiruri sînt neasociative.*

3. Lema I. *Orice algebră A se poate considera ca o subalgebră a unei algebre A' care are aceleaşi şiruri neasociative.*

Fie $a,b,\ldots$ elementele din A ; introducem elemente noi $u,v,\ldots$ şi definim $f(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ în modul următor :

Dacă $x_1,x_2,\ldots,x_n$ sînt elementele vechi, păstrăm pentru $f(x_1,\ldots,x_n)$ valoarea din A, iar dacă printre ele figurează cel puţin un element nou punem $f(x_1,x_2,\ldots,x_n)=u$, unde u este primul element nou din şirul $x_1,x_2,\ldots,x_n$. Este evident că A este o subalgebră, iar toate şirurile în care figurează cel puţin un element nou sînt asociative. Fie într-adevăr $a_1,a_2,\ldots,a_{p-1},u,\ldots$ un astfel de şir. Avem

$$f(a_1,\ldots,a_{p-1},u,\ldots,a_{n-1},f(a_n,\ldots,a_{2n-1}))=\ldots=$$
$$f(a_1,\ldots,a_{p-1},u,f(a_{p+1},\ldots,a_{n+p}),\ldots,a_{2n-1})=u,$$
$$f(a_1,\ldots,a_{p-1},f(u,\ldots,a_{n+p-1}),\ldots,a_{2n-1})=f(\ldots u,\ldots)=u$$

şi la fel pentru celelalte cazuri posibile, deci toate aceste $(2n-1)-$uple sînt asociative, ceea ce demonstrează lema.

Lema II. *Dacă A este o algebră de ordin 2 cu o singură operaţie binară (notată multiplicativ) nu există terne izolate de nici una din cele două specii.* (Cf. [1, p. 336]).

Lema III. *Dacă A este o algebră prevăzută cu o singură operaţie binară, notată $f(x,y)$, şi dacă A_1 are operaţia $F(x,y)$, unde*

$$F(x,y)=f(y,x)$$

atunci ternele (a,b,c) şi (c,b,a) sînt în acelaşi timp asociative sau neasociative în A respectiv A_1.

Egalităţile

$$F(z,F(y,x))=F(z,f(x,y))=f(f(x,y),z),$$
$$F(F(z,y),x)=F(f(y,z),x)=f(x,f(y,z)),$$

demonstrează lema

4. Teorema I. *Fie I o mulţime de indici în corespondenţă biunivocă cu operaţiile f_i ale unei clase de algebre A cu operaţii finitare. Dacă fiecărui $i\in I$ i se ataşează un ansamblu S_i de şiruri există algebre A, pentru care fiecare S_i este izolat de specia întâia în raport cu f_i. Dacă există o astfel de algebră de ordin p (finit sau nu), există astfel de algebre şi pentru oricare ordin mai mare* (în sensul teoriei numerelor cardinale).

Vom demonstra teorema construind algebra A. Pe lîngă elementele care figurează în şirurile din diversele S_i vom introduce elemente noi u, v, în modul următor:

Dacă $(a_1,a_2,\ldots,a_{2n-1})\in S_i$ şi $f_i(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ este operaţia corespunzătoare, punem

$$f_i(a_1,\ldots,a_n)=u_i(a_1,\ldots,a_n),\ldots,f_i(a_n,\ldots,a_{2n-1})=u_i(a_n,\ldots,a_{2n-1})$$

şi apoi

$$f_i(a_1, \ldots, a_{n-1}, u_1\ a_u, \ldots, a_{2n-1})) = v_i^{(1)}(a_1, \ldots, a_{2n-1}),$$

. . . . . .

$$f_i(u_i(a_1, \ldots, a_n), a_{n+1}, \ldots, a_{2n-1}) = v_i^{(n)}(a_1, a_2, \ldots, a_{2n-1}).$$

După ce s-au introdus toate elementele noi (referitoare la toate operațiile) mai introducem un element o și punem pentru oricare șir pentru care vreo operație F nu era definită $F(\ldots\ldots) = o$. Este evident că, prin construcție, toate șirurile din S_i sînt neasociative în raport cu f_i. Dacă un șir $(b_1, \ldots, b_{2n-1})$ nu face parte din S_i avem

$$f(b_1, \ldots, b_{n-1}, f_i(b_n, \ldots, b_{2n-1})) = \ldots = f(f(b_1, \ldots, b_n), \ldots, b_{2n-1}) = o$$

ceea ce demonstrează teorema.

Păstrînd aceleași notații, se poate anunța

Teorema II. *Există algebre A pentru care fiecare S_i este izolat de specia a doua în raport cu f_i și dacă există de un ordin dat, există și de orice ordin mai mare.*

Mai puțin precis dar mai sugestiv, teoremele I și II se pot enunța în modul următor:

Dacă ordinul unei algebra A este suficient de mare, condițiile de asociativitate sînt independente (în sensul izolabilității de specia întăia, respectiv a doua).

Demonstrația decurge în modul următor:

Să presupunem că A are o singură operație $f(x_1, \ldots, x_n)$. Fie S ansamblul de $(2n-1)$ — uple care trebuie izolat și $(a_1, \ldots, a_{2n-1}) \in S$. Introducem elementele u și apoi punem

$$f(a_1, \ldots, a_{n-1}, u(a_n, \ldots, a_{2n-1})) = \ldots = f(u(a_1, \ldots, a_n), \ldots, a_{2n-1}) = v(a_1, \ldots, a_{2n-1}),$$

Mai introducem o mulțime arbitrară de elemente b_i (i parcurgînd un ansamblu oarecare de indici) și definim valorile lui f în modul următor:

Fie c_j unul din elementele deja introduse și $(c_j, x_2, \ldots, x_n)$ un n-uplu de elemente oarecare; dacă f nu este încă definită pentru acest n-uplu punem $f(c_j, x_2, \ldots, x_n) = d_j$ și similar $f(d_j, \ldots\ldots) = c_j$ oricare ar fi șirul ce începe cu d_j, care este un element nou. Fie $(c_1, \ldots, c_{2n-1})$ un șir care nu aparține lui S; printre elementele

$$f(c_1, \ldots, c_{n-1}, f(c_n, \ldots, c_{2n-1})), \ldots, f(c_1, f(c_2, \ldots, c_n), \ldots, c_{2n-1})$$

figurează cel puțin odată elementul d_1 iar $f(f(c_1, \ldots, c_n), \ldots, c_{2n-1})$ este egal fie cu $f(d_1, \ldots\ldots) = c_1$, fie cu $f(c_1, c_2 \ldots, c_{2n-1})$ care are o valoare diferită de d_1 indiferent dacă această valoare a fost definită de la început sau ulterior.

Dacă există mai multe operații, la fiecare fiind dat cîte un ansamblu S, introducem pentru fiecare operație mulțimea de elemente noi strict necesare și după introducerea elementelor noi necesare pentru toate operațiile procedăm la definirea fiecărei operații așa cum s-a arătat mai sus.

Observații.

1. Dacă atît ansamblul operațiilor cît și acela al șirurilor de izolat sînt finite, algebra A construită mai sus este de ordin finit și se poate obține o algebră de oricare ordin finit mai mare introducînd elemente

noi $k_1, \ldots, k_p$ şi punînd $f(k_i, \ldots) = \alpha$, unde α este un element fix oarecare din acelea existente. Atunci

$$f(k_1, f(\ldots), \ldots) = \alpha \neq f(f(k_i, \ldots)\ldots) = f(\alpha, \ldots).$$

Este clar că prin acelaşi procedeu se poate obţine şi o algebră cu un cardinal oarecare infinit.

2. Rămîne o chestiune deschisă de a se şti dacă se poate construi o algebră A în aşa fel încît oricare ar fi şirul neasociativ $a_1, \ldots, a_{2n-1}$ în raport cu f, toate elementele

$$f(a_1, \ldots, f(a_n, \ldots, a_{2n-1})), \ldots, f(f(a_1, \ldots, a_n), \ldots . a_{2n-1})$$

să fie distincte între ele şi aceasta pentru toate operaţiile, caz care se prezintă de la sine pentru algebrele care au numai operaţii binare.

5. Dacă se aplică procedeul indicat în demonstraţia teoremii I în cazul unei algebre cu o singură operaţie binară şi pentru o singură ternă, găsim următoarele valori pentru ordinul minim de la care sîntem siguri de izolabilitatea de prima specie a unei terne:

$n = 5$ pentru terna (a, a, a),
$n = 7$ pentru ternele $(a, a, b), (a, b, a), (a, b, b)$,
$n = 8$ pentru terna (a, b, c).

O verificare directă pentru ordinele mai mici este deci necesară şi rezultatul obţinut, care constituie o precizare a rezultatelor lui Szász, se enunţă astfel:

Teorema III. *Ternele de tipul* $(a, a, b), (a, b, a), (b, a, a), (a, b, c)$ *sînt izolabile de prima specie pentru* $n = 3$, *iar terna* (a, a, a) *pentru* $n > 4$.

Algebrele distincte de ordin minim pentru care diversele terne sînt izolate sînt date prin următoarele tablouri:

(1)

	a	b	c	d
a	b	c	c	c
b	d	c	c	c
c	c	c	c	c
d	c	c	c	c

(2)

	a	b	c	d
a	b	c	d	d
b	d	d	d	d
c	d	d	d	d
d	d	d	d	d

pentru terna (a, a, a).

(3)

	a	b	c
a	c	a	a
b	a	b	c
c	a	b	c

(4)

	a	b	c
a	c	b	c
b	b	b	b
c	c	c	c

(5)

	a	b	c
a	c	b	c
b	c	c	c
c	c	c	c

pentru terna (a, a, b).

(6)

	a	b	c
a	c	a	a
b	a	b	b
c	a	c	c

(7)

	a	b	c
a	c	b	c
b	b	b	c
c	c	b	c

(8)

	a	b	c
a	c	c	c
b	b	c	c
c	c	c	c

pentru terna (b, a, a).

(9)

	a	b	c
a	a	c	c
b	a	b	c
c	c	c	c

(10)

	a	b	c
a	a	a	c
b	c	b	c
c	c	c	c

pentru terna (a, b, a).

(11)

	a	b	c
a	a	a	c
b	b	b	b
e	c	c	c

(12)

	a	b	c
a	a	b	a
b	a	b	c
c	a	b	c

pentru terna (a, b, c).
Tipurile (2), (5), (8), (9) și (11) au fost semnalate de Szász.
Demonstrația fiind în principiu aceeași pentru toate cazurile, o vom da numai pentru terna (a, a, a). Lema II elimină valoarea 2 a ordinului pentru toate cazurile; valoarea 3 este imposibilă după cum rezultă din forma rezultatului pentru $n = 4$.

Punem (întrebuințînd notația multiplicativă) $aa = b$. A priori sînt posibile următoarele cazuri:

1. $ab = a, ba = b$. 2. $ab = a, ba = c$. 3. $ab = a, ba = d$.

4. $ab = b, ba = a$. 5. $ab = b, ba = c$. 6. $ab = b, ba = d$.

7. $ab = c, ba = a$. 8. $ab = c, ba = b$. 9. $ab = c, ba = d$.

10. $ab = d, ba = a$. 11. $ab = d, ba = b$. 12. $ab = d, ba = c$.

Cu ajutorul lemei III cazurile 4, 7, 8, 10, 11, 12 se reduc respectiv la cazurile 1, 2, 5, 3, 6, 9. Cu ajutorul transformării $f(a) = a, f(b) = b, f(c) = d, f(d) = c$ cazul 3 este izomorf cu cazul 2 și cazul 5 cu cazul 6. Rămîn deci cazurile 1, 2, 5, 9.

Tipul 1. $aa = b, ab = a, ba = b$.

$a(ba) = ab = a, (ab)a = aa = b$. Cum $a(ba) \neq (ab)a$ acest tip este imposibil.

Tipul 2. $aa = b, ab = a, ba = c$. Avem aici

$$a(ab) = aa = b = (aa)b = bb,$$

$$b(ba) = bc = (bb)a = ba = c,$$

$$a(ba) = ac = (ab)a = aa = b,$$

$a(ac) = ab = a, (aa)c = bc = c$. Cum $a(ac) \neq (aa)c$ acest tip este imposibil.

Tipul 5. $aa = b, ab = b, ba = c$.

$a(ab) = ab = b = (aa)b = bb$,

$b(aa) = bb = (ba)a = ca = b$,

$b(ab) = bb = (ba)b = cb = b$,

$c(aa) = cb = b, (ca)a = ba = c$. Cum $c(aa) \neq (ca)a$ acest tip este imposibil.

Tipul 9. $aa = b, ab = c, ba = d$.

Dacă $bb = a$, atunci $b(bb) = ba = d$ şi $(bb)b = ab = c$ deci $b(bb) \neq (bb)b$ şi acest caz este imposibil.

Dacă $bb = b$ avem

$a(ab) = ac = bb = b$,

$a(ac) = ab = bc = c$,

$b(ba) = bd = ba = d$,

$a(ad) = (ad)d = bd = d$,

ceea ce, ţinînd seama de valorile lui aa, ab, ac, implică $ad = d$.

$a(dx) = (ad)x = dx$, ceea ce implică $dx = d$.

$b(ab) = bc = c$,

$(ba)b = db = d$ deci şi acest caz este imposibil.

Să luăm $bb = c$. Atunci

$a(ab) = ac = bb = c$.

$a(ac) = bc = c$.

$b(ax) = dx$ de unde $da = bb = c, db = bc = c$.

$b(bc) = bc = c = cc$,

$b(ac) = bc = c = dc$,

$a(bb) = ac = cb = c$,

$d(aa) = db = c = (da)a = ca$.

$a(ba) = ad = ca = c$,

$b(ad) = bc = c = dd$,

$b(ba) = bd = ca = a$,

$c(ba) = cd = ca = c$.

Se obţine astfel algebra

	a	b	c	d
a	b	c	c	c
b	d	c	c	c
c	c	c	c	c
d	c	c	c	c

pentru care se verifică imediat că terna (a, a, a) este izolată.

Dacă luăm $bb = d$, avem:

$a(ab) = ac = (aa)b = bb = d$,

$b(aa) = bb = d = da$,

$b(ba) = bd = (bb)a = da = d$,

$b(ac) = bd = d = dc$,

$d(ac) = dd = dc = d$,

$b(bb) = bd = d = db$,

$a(ad) = bd = d$, deci $ad = c$ sau $= d$,

$ad = c$ dă

$a(ac) = ad = c = bc$,

$a(bc) = ac = d = (ab)c = cc$,

dar atunci

$a(cc) = ad = c$, $(ac)c = dc = d$ deci acest caz este imposibil.

Dacă luăm $ad = d$ se găsește printr-un procedeu similar algebra

	a	b	c	d
a	b	c	d	d
b	d	d	d	d
c	d	d	d	d
d	d	d	d	d

pentru care terna (a, a, a) este izolată.

Prin transformarea din lema III se obțin alte două algebre care însă se constată imediat că sînt izomorfe cu tipurile deja găsite.

6. Dacă ne rezumăm la o singură operație binară și la o singură ternă se poate enunța rezultatul următor:

Teorema IV. *Oricare ternă este izolabilă de specia a doua pentru* $n \geqq 4$.

Se verifică lesne că ternele $(a,a,a),(a,a,b),(b,a,a),(a,b,a),(a,b,c)$ sînt izolate respectiv pentru algebrele

(1)

	a	b	c	d
a	b	c	a	c
b	c	c	a	c
c	d	c	a	c
d	d	c	a	c

(2)

	a	b	c	d
a	b	c	d	a
b	b	d	b	c
c	b	d	b	c
d	b	d	b	c

(3)

	a	b	c	d
a	b	b	b	b
b	c	d	d	d
c	d	b	b	b
d	a	c	c	c

(4)

	a	b	c	d
a	b	a	b	a
b	c	a	d	a
c	d	a	d	a
d	d	a	d	a

(5)

	a	b	c	d
a	b	d	a	a
b	b	d	d	c
c	b	d	a	b
d	b	d	a	b

Aceste algebre pot fi completate cu oricîte elemente aşa fel încît proprietatea să se păstreze. Să arătăm acest lucru pentru prima. Introducem elemente noi $x, y, \ldots$, şi definim

$$xa = d, xb = c, xc = a, xy = c \text{ pentru oricare alt } y,$$

$$ax = bx = cx = dx = yz = c.$$

Se verifică fără greutate că în algebra astfel completată terna (a,a,a) este izolată de specia a doua. Similar se completează celelalte algebre.

Catedra de Matematici

BIBLIOGRAFIE

1. Climescu Al., Etudes sur la théorie des systèmes multiplicatifs uniformes. I. L'indice de non-associativité. Bul. Polit. Iaşi, 1947, vol. 2, fasc. 2, pp. 347-371.
2. Szász G., Die Unabhängigkeit der Assoziativitätsbedingungen. Acta. Sci. Math. Széged 1953, vol. 15, pp. 20-28.

НЕЗАВИСИМОСТЬ УСЛОВИЙ АССОЦИАТИВНОСТИ

(Краткое содержание)

Пусть a, b, $c, \ldots$ — элементы множества основания алгебры A и $f(x,y)$ — бинарная операция A. Говорят что (a,b,c) изолируем по первому роду по отношению к f, если $f(a, f(b,c)) \neq f(f(a,b),c)$, в то время как для всякой другой тройки (x,y,z) имеет место $f(x, f(y,z)) = f(f(x,y)z)$. Скажем что тройка (a,b,c) изолируема по второму роду по отношению к f если $f(a, f(b,c)) = f(f(a,b),c)$ и если для всякой другой

тройки $f(x, f(y, z)) \neq f(f(x, y), z)$. Подобным же образом определяется изолируемость ряда элементов по отношению к какой либо конечной операции A и изолируемость множества рядов. Тогда :

Условия ассоциативности независимы если порядок алгебры A (с финитарными операциями) достаточно большой. Это значит что возможно выбрать произвольно, для всякой операции A, множество рядов, изолированное по первому или второму роду.

Затем определяются все различные между собой алгебры минимального порядка с единственной бинарной операцией, лишь одна тройка изолирована по первому роду.

Проверяется, наконец, что если порядок алгебры равен по меньшей мере 4-м, всякая тройка изолируема по второму роду.

Полученные результаты обобщают и уточняют в частности некоторые предыдущие результаты принадлежащие Сасу.

L'INDÉPENDANCE DES CONDITIONS D'ASSOCIATIVITÉ

(Résumé)

Soient $a, b, c, \ldots$ les éléments de l'ensemble de base d'une algèbre A et soit $f(x, y)$ une opération binaire de A. Si $f(a, f(b, c)) \neq f(f(a, b), c)$ tandis que pour tout autre triple (x, y, z) on a $f(x, f(x, f(y, z))) = f(f(x, y), z)$ on dit que (a, b, c) est isolable de première espèce par rapport à f. Si $f(a, f(b, c)) = f(f(a, b), c)$ et si pour tout autre triple on a $f(x, f(y, z_1)) \neq f(f(x, y), z)$, le triple (a, b, c) sera appelé isolable de seconde espèce par rapport à f. On définit d'une manière similaire l'isolabilité d'une suite d'éléments par rapport à une opération finitaire quelconque de A et l'isolabilité d'un ensemble de suites. Alors :

Si l'ordre d'une algèbre A (à opérations finitaires) est suffisamment grand les conditions d'associativité sont indépendantes, ce qui signifie qu'on peut choisir à volonté pour chaque des opérations de A un ensemble de suites qui soit isolé de première ou de seconde espèce.

On détermine ensuite toutes les algèbres distinctes d'ordre minimum a une seule opération binaire pour lesquelles un seul triple est isolé de première espèce.

On vérifie enfin que si l'ordre de l'algèbre est au moins égal à 4 tout triple est isolable de seconde espèce.

Les résultats precedents constituent, en partie, la généralisation et la précision de certains resultats anterieurs dûs a Szász.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

ASUPRA ŞIRURILOR *F*

DE

F. MARCUS

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

1. Fubini [1] s-a ocupat de congruenţele de drepte care determină pe pînzele lor focale o corespondenţă între liniile lui Darboux, demonstrînd că pînzele focale ale acestor congruenţe pot fi numai suprafeţe izoterm-asimptotice. In [2], S. Finikov îşi propune să determine şirurile ce se obţin prin transformări succesive ale lui Laplace a unei reţele conjugate, astfel ca tangentele şirului să determine corespondenţa între liniile lui Darboux de pe suprafeţele lor focale. Aceste şiruri sînt numite de Finikov, şiruri Fubini, sau şiruri *F*, iar congruenţele respective, congruenţe de drepte *F*. Din definiţia lor rezultă că aceste congruenţe sînt congruenţe *W*. In consecinţă un şir *F* este un şir *R* [3, pp. 263 — 264]. Dar reciproc, nu orice şir *R* este un şir *F*. Din rezultatele lui Finikov rezultă, că un şir este *F*, dacă patru congruenţe succesive ale şirului sînt congruenţe de drepte *F*. Şirurile lui Wilczynski (care conţin congruenţe ce aparţin unui complex liniar), şirurile lui Segre, precum şi alte două tipuri de şiruri notate în lucrarea sa cu formulele (23) şi (24) sînt singurile şiruri *F*. Acestor şiruri Finikov [4] le consacră un studiu mai amplu, tratarea făcîndu-se cu metoda formelor exterioare ale lui Cartan. In această lucrare Finikov distinge patru tipuri de şiruri *F*, în afară de cele ale lui Wilczynski şi Segre.

In lucrarea prezentă, reiau studiul acestor şiruri. Aceasta pentru că se poate da o formă remarcabilă condiţiilor pentru ca o reţea conjugată de pe o suprafaţă să poată genera un şir *F*. Aceste condiţii se exprimă prin relaţii între invarianţii ecuaţiei lui Laplace ce corespunde reţelei şi între coeficienţii sistemului de ecuaţii ce determină o suprafaţă în spaţiul proiectiv E_3. Studiul a fost facilitat servindu-mă de unele rezultate dintr-un memoriu al lui B. Segre [5]. După ce demonstrez mai întîi teorema care dă condiţia necesară şi suficientă pentru ca o congruenţă de drepte să fie *F*, se demonstrează condiţia ca un şir să fie *F*, regăsindu-se rezultatul lui Finikov. Aceste condiţii se exprimă prin formulele notate cu (II). Se găsesc apoi diferite tipuri de şiruri *F*.

Intrucît una din condiții se exprimă printr-o formulă care are legătură cu o condiție ca un șir să fie periodic, aplic rezultatul de mai sus la studiul șirurilor F, periodice, de perioadă patru. Aceste șiruri, notate de B. Segre cu Ξ^*, depind de integrarea unei ecuații cu derivate parțiale a cărei integrare este foarte dificilă. In cadrul șirurilor F această ecuație se integrează, în anumite cazuri, în prezenta lucrare. In general ecuația lui Segre, se transformă într-o ecuație diferențială de ordinul II, care se reduce la o ecuație diferențială de tipul 3 studiată de P. Painlevé în celebrul său memoriu din 1902 [6]. De asemenea se studiază un șir F, care conține cel puțin o congruență ce aparține unui complex liniar, șir notat de Segre cu Ξ, a cărui determinare depinde de o altă ecuație cu derivate parțiale. Această ecuație este integrată într-un caz particular, iar în general ea coincide cu tipul ecuației diferențiale de tipul 2 din același memoriu al lui Painlevé. Deci acestor două ecuații le sînt atașate unele probleme concrete de geometrie diferențială proiectivă.

2. Fie S o suprafață raportată la o rețea conjugată R, u, v, fiind parametrii liniilor conjugate. Se poate în acest caz [7] printr-o normare convenabilă a coordonatelor omogene ale anui punct generic de pe suprafață, să reducem sistemul de ecuații satisfăcut de aceste coordonate la forma

$$(1)\qquad \begin{cases} x_{uv} = ax_u + cx, \\ x_{uu} + x_{vv} = px_u + rx, \end{cases}$$

cu $p_v = 2a_u$.
Condițiile de integrabilitate ale acestui sistem se pot scrie cu B. Segre

$$(2)\qquad \begin{cases} 2c_{uu} - 2c_{vv} - a_{uuu} + a_{vvu} + (a^2)_{uv} - \frac{1}{4}(p^2)_{uv} = 0, \\ c_{uu} - c_{vv} - cp_u + 2(ca)_v = 0, \end{cases}$$

$$(3)\qquad \begin{cases} r_u = 2c_v, \\ r_v = -p_{uv} + a_{uu} + a_{vv} + 2aa_v - pa_u + 2c_u. \end{cases}$$

Dacă punem cu Segre [5, p. 50]

$$(4)\qquad a = \frac{\Theta_v}{\Theta}\ ;\ p = 2\frac{\Theta_u}{\Theta}\ ,\quad \Theta \neq 0$$

atunci condițiile (2) și (3) devin:

$$(5)\qquad \begin{cases} 2c_{uu} - 2c_{vv} - \left(\frac{\Theta_{uu} - \Theta_{vv}}{\Theta}\right)_{uv} = 0, \\ c_{uu} - c_{vv} - 2\left(c\frac{\Theta_u}{\Theta}\right)_u + 2\left(c\frac{\Theta_v}{\Theta}\right)_v = 0, \end{cases}$$

$$(6)\qquad \begin{cases} r_u = 2c_v, \\ r_v = -\left(\frac{\Theta_{uu} - \Theta_{vv}}{\Theta}\right)_v + 2c_u. \end{cases}$$

Determinarea suprafeţelor se obţine integrînd (5). Pentru fiecare valoare a lui c şi Θ se calculează cu (4) pe a şi p, iar din (6) pe r. Tot după B. Segre elementul liniar al lui Fubini al unei suprafeţe raportată la un dublu sistem de linii conjugate este dat de

$$(7)\qquad \frac{F_3}{F_2}=\frac{(p-2b)(du^3+3du\,dv^2)+(2a-q)(dv^3+3du^2\,dv)}{4(du^2-dv^2)}.$$

Cu notaţiile de mai sus o suprafaţă R raportată la o reţea conjugată R, este determinată de sistemul

$$(1')\qquad \begin{cases} x_{uv}=\dfrac{\Theta_v}{\Theta}x_u+cx, \\ x_{uu}+x_{vv}=2\dfrac{\Theta_u}{\Theta}x_u+rx, \end{cases}$$

iar elementul liniar al lui Fubini este

$$(7')\qquad \frac{F_3}{F_2}=\frac{\Theta_u(du^3+3du\,dv^2)+\Theta_v(dv^3+3du^2\,dv)}{2\Theta(du^2-dv^2)}.$$

Liniile lui Darboux ale suprafeţei sînt

$$(8)\qquad p(du^3+3du\,dv^2)+2a(dv^3+3du^2\,dv)=0,$$

sau

$$\Theta_u(du^3+3du\,dv^2)+\Theta_v(dv^3+3du^2\,dv)=0,$$

iar invarianţii ecuaţiei (1_1) sînt respectiv

$$(8')\qquad \begin{cases} h=c-a_u=c-\dfrac{\partial^2\log\Theta}{\partial u\,\partial v}, \\ k=c. \end{cases}$$

Insemnînd cu

$$x_1=x_v-ax,$$
$$x_{-1}=x_u,$$

respectiv punctele transformate ale lui Laplace, în sensul liniilor u şi v, ale punctului x, puncte ce descriu respectiv cea de a doua pînză focală a congruenţelor determinate de tangentele liniilor $u=\text{const.}$, $v=\text{const.}$, avem [3]

$$(1'')\qquad \begin{cases} (x_1)_{uv}=a_1x_{1u}+c_1x_1, \\ (x_1)_{uu}+(x_1)_{vv}=p_1x_{1u}+q_1x_{1v}+r_1x_1 \end{cases}$$

şi

$$(1''')\qquad \begin{cases} (x_{-1})_{uv}=a_{-1}(x_{-1})_u+b_{-1}(x_{-1})_v+c_{-1}x_{-1}, \\ (x_{-1})_{uu}+(x_{-1})_{vv}=p_{-1}(x_{-1})_u+(q_{-1})(x_{-1})_v+r, \end{cases}$$

cu

$$q_1=0\ ;\ r_1=r-2a_v\ ;\ p_1=\frac{r_v+pc-a_{uu}-a_{vv}-2aa_v}{h},$$

$$p_{-1}=p\ ;\ q_{-1}=\frac{r_u}{c}\ ;\ r_{-1}=p_u+r-\frac{ar_u}{c}.$$

Ţinînd seama de condiţiile de integrabilitate (3) rezultă

$$p_1 = \frac{2c_u - p_{uv}}{h} + p \,.$$

Pe de altă parte din $p_v = 2a_u$ avem $p_{vu} = 2a_{uu}$ iar din (8′) $h_u = c_u - a_{uu}$. Deci

$$\frac{2c_u - p_{uv}}{h} = \frac{2c_u - 2a_{uu}}{h} = \frac{2h_u}{h}.$$

In consecinţă

$$p_1 = p + 2(\log h)_u \,. \tag{9}$$

Deasemenea tot din (3) dacă se ţine seamă de (8′) rezultă

$$q_{-1} = \frac{r_u}{c} = \frac{2c_v}{c} = 2(\log k)_v \,. \tag{10}$$

Dacă însemnăm cu x_i şi x_{-i} transformările succesive ale lui Laplace a reţelei (x) considerîndu-se şi sistemele de ecuaţii cu derivate parţiale satisfăcute de coordonatele acestor puncte, sisteme ce se scriu înlocuind în (1″) şi (1‴), indicii respectivi cu i şi $-i$ avem:

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} p_i = p_{i-1} + 2(\log h_{i-1})_u \,; \; q_i = 0 \,; \; r_i = r_{i-1} - 2(a_{i-1})_v \,, \\ a_i = a_{i-1} + (\log h_{i-1})_v \,; \; b_i = b \,; \; c_i = h_{i-1} \,; \; p_{-1} = p \,, \\ q_{-1} = \dfrac{(r_{-i+1})_u}{c_{-i+1}} \,; \; r_{-i} = p_u + r_{-i+1} - \dfrac{a(r_{-i+1})_u}{c_{-i+1}} \,, \\ a_{-i} = a \,; \; b_{-i} = b_{-i+1} + (\log k_{-i+1})_u \,, \\ c_{-i} = c_{-i+1} + (b_{-i+1})_v + (a_{-i+1})_u + a_{-i+1}(\log k_{-i+1})_u \,, \end{cases}$$

h_i, k_i, h_{-i}, k_{-i} fiind invarianţii reţelelor respective.

Elementele liniare ale suprafeţelor x_i şi x_{-i} se obţin din (7) înlocuind respectiv pe a, p, b şi q cu valorile corespunzătoare din (I). Să considerăm acum congruenţele de drepte $(x\,x)$ şi $(x\,x_{-1})$. Aceste congruenţe sînt congruenţe F, dacă liniile lui Darboux de pe pînzele lor focale se corespund. Ţinînd seama de (7) şi (8) rezultă că în acest caz

$$\frac{p}{p_1} = \frac{a}{a_1} \quad ; \quad \frac{p}{p - 2b_{-1}} = \frac{2a}{2a - q_{-1}} \,, \tag{11}$$

De asemenea ţinînd seama de (9), (10) şi (I) avem

$$p = 2a\frac{h_u}{h_v} = 2a\frac{k_u}{k_v}. \tag{12}$$

Din ultima egalitate rezultă

$$c = k = k(h) \,. \tag{12′}$$

Pe de altă parte observînd că $p = 2(\log \Theta)_u$; $a = (\log \Theta)_v$, rezultă din (12) că $\Theta_u h_v = \Theta_v h_u$. Deci

$$\Theta = \Theta(h) \quad \text{sau} \quad \Theta = \Theta(c) \,. \tag{12″}$$

Avem deci următoarea

Teoremă. *Congruenţele descrise de tangentele unei reţele conjugate R, sînt congruenţe F, dacă* $c = k = \varphi(h)$; $\Theta = \psi(h) = \Theta(k)$.

Reciproc, dacă $c = k = \varphi(h)$ şi $\Theta = \psi(h)$; h, k, *fiind invariaţii ecuaţiei lui Laplace a reţelei R, la care este raportată o suprafaţă, atunci tangentele reţelei* $(x\,x_1)$ *şi* $(x\,x_{-1})$ *descriu congruenţe F.*

Într-adevăr în acest caz [1])

$$k_u = \varphi'(h)\,.\,h_u \;;\; k_v = h_v\varphi'(h) \;;\; \Theta_u = \psi' h_u \;;\; \Theta_v = \psi' h_v;$$

$$a = (\log\Theta)\,.\,h_v \;;\; p = 2(\log\Theta)' h_u;$$

$$\frac{a_1}{p_1} = \frac{h_v}{2h_u} \;;\; \frac{a}{p} = \frac{h_v}{2h_u}.$$

Deci

$$\frac{a_1}{p_1} = \frac{a}{p}. \tag{13}$$

In consecinţă liniile lui Darboux de pe suprafeţele (x) şi (x_1) se corespund. In consecinţă tangenta $(x\,x_1)$ descrie o congruenţă F. Observînd din (I) că $b_{-1} = (\log k)' h_u$ şi $q_{-1} = 2(\log k)' h_v$ rezultă

$$\frac{p}{p - 2b_{-1}} = \frac{(\log\Theta)'}{(\log\Theta : k)'} \;;\; \frac{2a}{2a - q_{-1}} = \frac{(\log\Theta)'}{(\log\Theta : k)'},$$

deci

$$\frac{p}{p - 2b_{-1}} = \frac{2a}{2a - q_{-1}}, \tag{13'}$$

şi în consecinţă şi tangenta $(x\,x_{-1})$ descrie o congruenţă F, ceea ce demonstrează teorema.

Congruenţa descrisă de dreapta $(x_1\,x_2)$ este o congruenţă F, dacă

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{a_2}{a_1} \tag{14}$$

sau

$$\frac{p_2 - p_1}{p_1} = \frac{a_2 - a_1}{a_1}.$$

Ţinînd seama de (I) rezultă $\dfrac{2(\log h_1)_u}{p_1} = \dfrac{(\log h_1)_v}{a_1}$.

Deci

$$\frac{p_1}{a_1} = \frac{2(\log h_1)_u}{(\log h_1)_v}. \tag{14'}$$

Dar $(x\,x_1)$ descrie o congruenţă F, adică $\dfrac{p}{a} = \dfrac{p_1}{a_1} = \dfrac{2(\log h)_u}{(\log h)_v}$.

In consecinţă

---

1) Accentele înseamnă derivare în raport cu h.

(15) $$h_1 = h_1(h).$$

In acelaşi mod se demonstrează că dacă congruenţa descrisă de dreapta $(x\ x_3)$ este o congruenţă F, atunci

(16) $$h_1 = h_2(h).$$

Să arătăm că în aceste condiţii

(17) $$h_3 = h_2(h).$$

Adică şi congruenţa $(x_3\ x_4)$ descrie o congruenţă F. Într-adevăr fiindcă $k = k(h)$ şi $h_1 = h_1(h)$ rezultă din

(17') $$h_i = 2h_{i-1} - k_{i-1} - (\log h_{i-1})_{uv}$$

pentru cazul $i = 1$ că $(\log h)_{uv}$ este o funcţie de h. De asemenea pentru $i = 2$ ţinînd seama de (16) rezultă că şi $(\log h_1)_{uv}$ este o funcţie de h. Deci

$$(\log h)_{uv} = \frac{h_{uv}}{h} - \frac{h_u h_v}{h^2} = F(h),$$

$$(\log h_1)_{uv} = \frac{h_{1uv}}{h_1} - \frac{h_{1u} h_{1v}}{h_1^2}.$$

Dar

$$h_{1u} = h_1' h_u \ ; \ h_{1v} = h'_1 h_v \ ; \ h_{1uv} = h_u h_v h''_1 + h'_1 h_{uv}.$$

Deci

$$h_{uv} \frac{h'_1}{h_1} + h_u h_v \left(\frac{h''_1}{h_1} - \frac{h'^2_1}{h_1^2} \right) = F_1(h).$$

In consecinţă h_{uv} şi $h_u h_v$ sînt funcţii de h. Fiindcă $h_2 = h_2(h)$ rezultă că şi

$$(\log h_2)_{uv} = h_u h_v \left(\frac{h''_2}{h} - \frac{h'^2_2}{h_2^2} \right) + h_{uv} \frac{h'_2}{h_2}$$

este o funcţie $F_3(h)$. In consecinţă $h_3 = 2h_2 - 2k_2 - 2(\log h_2)_{uv}$ este o funcţie de h. Deci şi dreapta $(x_3\ x_4)$ descrie de asemenea o congruenţă F. In acelaşi fel se demonstrează că şi h_n este o funcţie de h, şi se regăseşte astfel următoarea teoremă a lui Finikov.

Teoremă. *Dacă patru congruenţe succesive ale unui şir a lui Laplace descriu congruenţe de drepte F, şirul este un şir Fubini, toate congruenţele şirului fiind congruenţe F.*

Ţinînd seama de rezultatul de mai sus avem următoarea

Teoremă. *O suprafaţă raportată la o reţea R, generează prin transformări succesive ale lui Laplace, un şir Fubini, dacă*

(II) $$c = k = k(h) \ ; \ \Theta = \Theta(h) = F(c),$$
$$h_{uv} = F_1(h) \ ; \ h_u h_v = F_2(h),$$

F_1 şi F_2 fiind funcţii arbitrare de h.

Determinarea suprafeţelor R care generează şirurile F, se face integrînd mai întîi sistemul

(III) $$h_{uv} = F_1(h) \ ; \ h_u h_v = F_2(h)$$

şi apoi integrînd (5) ţinînd seamă că $\Theta = \Theta(h)$ şi $c = c(h)$.

3. In studiul sistemului (III) se întîlnesc următoarele cazuri:

1. $F_2(h) = 0$. în acest caz $h_u h_v = 0$ adică $h_u = 0$ sau $h_v = 0$ sau $h_u = h_v = 0$. Printr-o alegere convenabilă a parametrului u sau v, dacă $h_u \neq h_v$ putem avea $h = 1$. Cum $c = k = k(h)$ şi $\Theta = \Theta(h)$ rezultă $c = \text{const.}$; $a = p = 0$. Condiţiile de integrabilitate (5) sînt identic satisfăcute, iar din (6) rezultă $r = \text{const.}$ Suprafeţele x_i sînt cuadrice. Reţeaua F este o reţea Segre. Acelaşi rezultat se obţine dacă $h_v = 0$.

2. $F_1(h) = 0$; $F_2(h) \neq 0$. Din (III_1) $h = \varphi(u) + \psi(v)$ iar din (III_2) $\varphi'(u)\psi'(v) = F_2(\varphi(u) + \psi(v))$. Derivînd în raport cu u şi v avem

$$\varphi''(u)\psi'(v) = F'_2\varphi'(u)\,;\quad \psi''(v)\varphi'(u) = F'_2\psi'(v).$$

Deci

$$\frac{\varphi''}{\varphi'}\psi' = \frac{\psi''(v)\varphi'(u)}{\psi'(v)} = F'_2 \tag{19}$$

In consecinţă

$$\frac{\varphi''}{\varphi'^2} = \frac{\psi''}{\psi'} = -\alpha\ ,\quad (\alpha = \text{const.}). \tag{20}$$

Din (20) prin integrare căpătăm $\varphi(u) = L(\alpha u + \alpha_1)^{\frac{1}{\alpha}}$; $\psi(v) = L(\alpha_v + \alpha_2)^{\frac{1}{\alpha}}$.

In consecinţă

$$h = L(\alpha u + \alpha_1)^{\frac{1}{\alpha}}(\alpha v + \alpha_2)^{\frac{1}{\alpha}}\ ,\quad (\alpha_2 = \text{const.}). \tag{21}$$

In cazul particular $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$; $\alpha = 1$, atunci $h = L(uv)$; $\Theta = \Theta(Luv)$.

3. $F_1(h) \cdot F_2(h) \neq 0$. Impărţind termen cu termen avem:

$$\frac{h_{uv}}{h_v} = \frac{F_1(h)}{F_2(h)}h_u\,. \tag{22}$$

Punînd cu Finikov [4] $\dfrac{F_1(h)}{F_2(h)} = \dfrac{F'_1(h)}{F(h)}$ avem

$$h_u = F(h)\varphi(u)\quad ;\quad h_v = F(h)\psi(v)\,, \tag{22'}$$

($\varphi(u), \psi(v)$ fiind funcţii arbitrare, respectiv de u şi v). Ţinînd seama de (III) avem $\varphi(u).\psi(v) = F_2(h) : F^2(h)$. Avem deci de analizat două subcazuri.

a. Membrul drept nu conţine pe h, adică $\varphi(u) = \alpha$; $\psi(v) = \beta$. Deci

$$h_u = \alpha F(h)\ ;\ h_v = \beta F(h).$$

In consecinţă $\beta h_u - \alpha h_v = 0$. Integrînd se găsesc că în acest subcaz

$$h = h(\alpha u + \beta v) = h(\tau)\ ,\quad (\tau = \alpha u + \beta v) \tag{22''}$$

iar $\Theta = \Theta(\alpha u + \beta v)$; $k = c = c(\alpha u + \beta v) = c(\tau)$.

Din condiţiile de integrabilitate (5) avem:

$$2c'' = \alpha\beta\left(\frac{\Theta''}{\Theta}\right)''\quad ;\quad c'' = \left(c\,\frac{\Theta'}{\Theta}\right)'.$$

BIBLIOTECA INSTITUTULUI POLITEHNIC IAŞI

Dacă $\alpha = \beta$ condițiile de integrabilitate sînt identic satisfăcute. In acest caz suprafețele R sînt determinate de sistemul ce se obține din (1') punînd $r = 2c + d$ cu $\Theta = \Theta(u+v)$; $c = k = k(u+v)$; $d = \text{const.}$ Vom demonstra mai jos că în acest caz șirul este un șir Wilczynski, adică conține cel puțin o congruență care aparține unui complex liniar, adică coincide cu șirul notat de B. Segre, cu Ξ. In cazul cînd $\alpha \neq \beta$ atunci din sistemul (5') prin eliminarea lui Θ se obține o ecuație diferențială

$$c'' = -\frac{1+2\alpha\beta}{2\alpha\beta}\frac{c'^2}{c} - \frac{c'}{c}\frac{A(\alpha\beta-1)}{\alpha\beta} - \frac{4Bc\tau}{\alpha\beta} - \frac{2cd}{\alpha\beta} + \frac{4}{\alpha\beta}c^2,$$

variabila independentă fiind $\tau = \alpha u + \beta v$. Pentru

$$A = B = 0 \quad ; \quad \alpha\beta = -\frac{1}{2} \quad ; \quad d = \frac{\gamma}{4} \quad ; \quad \beta = -\frac{4}{3}$$

această ecuație se reduce la ecuația diferențială a lui Painlevé [6] (tabloul IX p. 53) și anume $y'' = 6\beta y^2 + \gamma y$ și care se integrează cu

$$c'^2 = -\frac{16}{3}c^3 + 4dc^2 + 2\delta y + m \quad , \quad (m, \delta, d, \text{const.}).$$

Dacă $d = \delta = m = 0$ atunci $c'^2 = -\frac{16}{3}c^3$ și avem

$$c = 4\left(l + \sqrt{\frac{-16}{3}}\tau\right)^2 \tag{5''}$$

$$\frac{\Theta'}{\Theta} = \frac{c'}{2c}$$

adică

$$\Theta = \pm 2e\left(l + \sqrt{\frac{-16}{3}}\tau\right) \quad , \quad (l = \text{const.}). \tag{5'''}$$

Dacă

$$\delta = k = 0$$

atunci

$$c = -\frac{3d}{4\sin^2 h\,(d\tau + dl)} \quad ; \quad \Theta = \pm\frac{e\sqrt{-3d}}{\sin hd\,(\tau + e)}.$$

b. Să presupunem acum că membrul drept conține pe h. Deci $h = h(\varphi(u).\psi(v)) = h(\tau)$; derivînd avem:

$$h_u = h'\frac{\varphi'(u)\tau}{\varphi(u)} \quad ; \quad h_v = h'\psi'(v)\frac{\tau}{\psi(v)}$$

$$h_{uv} = h''\varphi'(u)\psi'(v)\varphi.\psi + h'\varphi'(u)\psi(v).$$

Dar $h_u = F(\tau)\varphi(u) = h'\varphi'(u)\psi(v)$; $h_v = F(\tau)\psi(v) = h'\psi'(v)\varphi(u)$. In consecință

$$\frac{h'\varphi'(u)}{\varphi(u)}\psi(v) = h'\frac{\psi'(v)}{\psi(v)}\varphi(u)$$

Adică

$$\varphi'(u) : \varphi^2(u) = \psi'(v) : \psi^2(v) = c_1 \quad (c_1 = \text{const.}).$$

Integrînd avem:

$$\varphi(u) = \frac{1}{c_1 u + c_2} \; ; \quad \psi(v) = \frac{1}{c_1 v + c_3}.$$

Se va putea lua $\tau = \frac{c}{uv}$ iar suprafeţele sînt date de (1') ţinînd seama că

$$h = h(\tau) \; ; \quad c = k = k\left(\frac{c}{uv}\right) ; \quad \Theta = \Theta\left(\frac{c}{uv}\right).$$

Aplicaţii.

Una din condiţiile pentru ca un şir să fie F, este dată de $(\log h)_{uv} = F(h)$. In consecinţă rezultatul de mai sus se poate aplica ori de cîte ori unul din invarianţii h sau k ai ecuaţiei lui Laplace ce corespunde unei reţele conjugate, satisface această ecuaţie. Ca aplicaţii ale rezultatelor din partea I-a îmi propun mai întîi să determin suprafeţele R raportate la o reţea R, astfel ca transformările succesive ale lui Laplace a reţelei să genereze un şir F periodic, şi aceasta deoarece condiţia pentru ca un şir R să fie periodic, este dată şi de o relaţie de aceeaşi formă. Suprafeţele vor satisface sistemul (1') din care cea de a II-a ecuaţie putînd fi pusă sub forma [3] $x_{-2} + x_2 = 0$.

In acest caz găsim: $\frac{\partial^2 \log hk}{\partial u \, \partial v} = 0$ şi se va putea printr-o alegere a parametrilor u şi v să avem $hk = 1$. Ţinînd seama de [3] rezultă $(\log h)_{uv} = 2\left(h - \frac{1}{h}\right)$. De asemenea se obţine

$$\frac{\partial \log h\Theta^2}{\partial u} = \frac{\partial \log \Theta^2 : k}{\partial v} = 0.$$

Dar $\frac{1}{k} = h$, deci $\frac{\partial^2 \log \Theta^2 : k}{\partial u} = \frac{\partial \log \Theta^2 : k}{\partial v} = 0$ ceea ce ne arată, observînd că $k = c$, că

$$c = m\Theta^2.$$

Dar după un rezultat al lui B. Segre [5] rezultă că reţeaua R este o reţea Ξ. Mai mult în baza unui alt rezultat a lui Segre reţeaua este $\Xi^\star$ [5] adică şirul periodic de perioada 4, este un şir $\Xi^\star$; cele patru congruenţe aparţin unor complexe liniare. Suprafeţele pe care există astfel de reţele sînt numite de Segre suprafeţe $\Xi^\star$ şi ele se determină integrînd sistemul

$$\text{(a)} \quad \begin{cases} x_{uv} = \frac{\Theta_v}{\Theta} x_u + m\Theta^2 x, \\ x_{uu} + x_{vv} = 2\frac{\Theta_u}{\Theta} x_u + x\left(\frac{\Theta_{vv}}{\Theta}\right) \end{cases}$$

unde Θ este o soluţie oarecare a ecuaţiei

$$\Theta\Theta_{uv} - \Theta_u \Theta_v - m\Theta^4 + \frac{1}{m} = 0$$

m fiind o constantă arbitrară, diferită de zero. In cele ce urmează, determinăm unele şiruri F, care sînt în acelaşi timp şiruri Ξ^*.

Pentru aceasta voi căuta soluţii ale ecuaţiei $(\log h)_{uv} = 2\left(h - \frac{1}{h}\right)$ care sînt satisfăcute de valorile lui h, găsite în cazurile studiate mai sus, şi anume :

1. $h = h(u+v)$. In acest caz ecuaţia lui Segre devine

$$\Theta\Theta'' \quad \Theta'^2 - m\Theta^4 + \frac{1}{m} = 0$$

care se integrează cu

$$\int \frac{\sqrt{m}\, d\Theta}{\sqrt{1 + c_1 m\, \Theta^2 + m^2\Theta^4}} = \tau + d \quad , \quad d = \text{const.} \quad , \quad \tau = u + v.$$

Pentru $m = 1$; $c_1 = 2$ avem $\Theta = \operatorname{tg}(\tau + d)$ şi în consecinţă $h = \operatorname{cotg}^2(\tau + d)$ iar suprafeţele Ξ^* sînt

$$(1^{V}) \qquad \begin{cases} x_{uv} = \dfrac{2x_u}{\sin 2(\tau + d)} + \dfrac{\sin^2(\tau + d)}{\cos^2(\tau + d)}\, x, \\ x_{uu} + x_{vv} = \dfrac{4x_u}{\sin 2(\tau + d)} + 2\cos^2(\tau + d).x. \end{cases}$$

Dacă punem $c_1 = 2$ atunci avem alte suprafeţe cu $\Theta = \dfrac{\operatorname{tg}(\tau + d)}{\sqrt{m}}$ $h = \operatorname{cotg}^2(\tau + d)$.

2. $h = h(\alpha u + \beta v)$. In acest caz avem ecuaţia

$$\Theta''\Theta - \Theta'^2 - \frac{m}{\alpha\beta}\Theta^4 + \frac{1}{m\alpha\beta} = 0.$$

Această ecuaţie ca şi precedenta este un caz particular al ecuaţiilor studiate de Painlevé. In general avem :

$$\int \frac{\sqrt{\alpha\beta m}\, d\Theta}{\sqrt{1 + c_1 m\alpha\beta\Theta^2 + m^2\Theta}} = \tau + d_1 \quad , \quad \tau = \alpha u + \beta v.$$

Pentru $c_1\alpha\beta = 2$ avem $\Theta = \dfrac{\operatorname{tg}\left(\dfrac{\tau + d_1}{\alpha\beta}\right)}{\sqrt{m}}$, deci $h = \operatorname{cotg}^2\left(\dfrac{\tau + d_1}{\alpha\beta}\right)$ iar suprafeţele Ξ^* se determină cu sistemul (a). Dacă $c_1 = 1$; $\alpha\beta = 2$

$$\Theta = \frac{1}{\sqrt{m}} \operatorname{tg}\left(\frac{\tau + d_2}{\sqrt{2}}\right) \quad ; \quad h = \operatorname{cotg}^2\left(\frac{\tau + d_2}{\sqrt{2}}\right)$$

şi se găsesc alte suprafeţe.

3. $h=h(\tau),\tau=\frac{\bar{c}}{uv}$. In acest caz căpătăm ecuaţia

$$\Theta''=\frac{\Theta'^2}{\Theta}-\frac{\Theta'}{\tau}+\frac{m^2\bar{c}\,\Theta^3}{\tau^3}-\frac{\bar{c}}{\Theta\tau^3}\qquad(\bar{c}=\text{const.}).$$

Să facem acum schimbarea de variabilă independentă punînd $\tau=e^{-2t}$
Căpătăm ecuaţia diferenţială

$$\ddot{\Theta}=\frac{\dot{\Theta}^2}{2}+e^{2t}\left(4m^2\,\bar{c}\,\Theta^3-\frac{4\bar{c}}{\Theta}\right)$$

unde Θ înseamnă derivare în raport cu noua variabilă t.

Această ecuaţie diferenţială obţinută dintr-o proprietate concretă geometrică, are forma cunoscutei ecuaţii diferenţiale (de tipul 3) studiată de Painlevé în 1902, [6, p. 13], notată cu

$$y''=\frac{y'^2}{y}+e^{2x}\left(\gamma y^3+\frac{\delta}{y}\right)$$

unde $\alpha=\beta=0$.

Determinarea suprafeţelor Ξ^* are o importanţă deosebită întrucît aşa cum a arătat B. Segre, există o legătură între ecuaţia ce determină aceste suprafeţe şi ecuaţia cu derivate parţiale de care depinde determinarea suprafeţelor cu curbura totală constantă. De asemenea ecuaţia pentru determinarea suprafeţelor şi reţelelor Ξ este strîns legată de ecuaţia diferenţiala de care depinde determinarea suprafeţelor izoterme sub forma dată de Rothe şi Calapso [3, p. 234]. De aceea vom determîna suprafeţele Ξ care dau naştere la un şir F care conţine cel puţin o singură congruenţă care aparţine unui complex liniar nespecial.

După cum se ştie determinarea lor depinde de integrarea unui sistem ca (a); r se determină din (6) unde $c=m\Theta^2$ iar Θ se determină integrînd ecuaţia diferenţială dată de Segre sub forma

$$\text{(IV)}\qquad\left(\frac{\Theta_{uu}-\Theta_{vv}}{\Theta}\right)_{uv}=2m\left[(\Theta^2)_{uu}+(\Theta^2)_{vv}\right].$$

Pentru cazul $h=h(\tau),\tau=u+v$ se verifică că (IV) este identic satisfăcută. In consecinţă şirurile F cu $h=h(u+v)$ sînt şiruri cu o congruenţă ce aparţine unui complex liniar.

Dacă $h=h(\alpha u+\beta v)$ atunci ecuaţia lui Segre devine

$$\text{(V)}\qquad\alpha\beta\Theta''-2m\Theta^3-c_1\Theta\tau-c_2\Theta=0$$

care pentru $c_1=c_2=0$ dă $\Theta=\frac{-\sqrt{\alpha\beta}}{\sqrt{m}\tau}$.

Cu aceste valori avem

$$c=\frac{\alpha\beta}{\tau^2}\;;\;r=\frac{2\beta^2+c_3}{\tau^2}\;,\quad c_3=\text{const.}$$

In cazul general ecuaţia (V) coincide cu al doilea tip de ecuaţie dife-

rențială găsită de Painlevé în memoriul său mai sus citat, adică cu ecuația

$$y'' = \alpha y^3 + \beta xy + \gamma y + \delta \qquad (\text{cu } \delta = 0 .$$

După cum se vede această ecuație diferențială este legată de o problemă geometrică și anume aceea de a găsi un șir F care are cel puțin o congruență care aparține unui complex liniar nespecial.

Catedra de Matematici

BIBLIOGRAFIE

1. Fubini G. - E. Čech, *Geometria Proiettiva differenziale*, T. I, N. Zanichelli, Bologna p. 283.
2. Finikoff S., Sur les suites de M. Fubini, Rend. dell Academia Nazionale dei Lince, s. 6-a, 1930, vol. XII, pp. 41—47.
3. Tzitzeica G., *Géométrie différentielle projective des réseaux*, 1923, București, Cultura Națională.
4. Фиников С., Теория конгруэнцы, Москва, 1950, стр. 238-244, 401-424.
5. Segre B., Intorno alla teoria delle superficie proiettivamente deformabili e alle equazioni differenziali ad essa collegate. Memoria della R. Academia d'Italia, 1931, Vol. II, pp. 1-143.
6. Painlevé P. Sur les équations différentielles du second ordre et d'ordre supérieur etc. Acta Mathematica, 1902, vol. 25. 1-85,
7. Marcus F., Sur les réseaux et surfaces R, Mathematica Cluj, 1948, vol. XXIII pp. 129-130.

О РЯДАХ F

(Краткое содержание)

Пользуясь некоторыми результатами Б. Сегре [5], автор изучает непериодические ряды F [1], [2] и периодические ряды F. Пусть R поверхность отнесеная к сети R и ряды F получены последовательными преобразованиями Лапласа сети R. В смысле [5], координаты x текущей точки поверхности удовлетворяют систему (1'). Условия интегрируемости этой системы даны (5), (6). Условие чтобы касательные к кривым сети описывали конгруэнции Фубини, выражается следующей теоремой:

Теорема А. Конгруэнции, описанные касательными к кривым сети R поверхности R—конгруэнции F, если

$$\Theta = \Theta(h) \quad , \quad k = c = k(h)$$

где h, k—инварианты уравнения Лапласа соответствующего сети, и наоборот.

Условие чтобы ряд полученный последовательным применением преобразованяя Лапласа был рядом F, выражается следующей теоремой:

Теорема Б. Сеть R поверхности R порождает ряд F, если

$$\begin{aligned} &(\text{а})\ \Theta = \Theta\ (h)\ ; \quad k = k\,(h), \\ &(\text{б})\ h_{k\nu} = f_1\,(h)\ ; \quad h_u\, h_v = f_2\,(h). \end{aligned}$$

Доказательство того, что условие (а), (б) выполнено если четыре последовательные конгруэнции прямых ряда описывают конгруэнции Фубини, приводит к известной теореме С. Фиников а [1].

Изучается система (б) и даются примеры поверхностей R, приводящие к рядам F, для $h=h(\tau)$, где $\tau=\alpha u+\beta v$, $\alpha\neq\beta$.

Результаты теоремы Б применяются к изучению периодических рядов F. Эти ряды получаются из сетей Ξ^* Сегре [5].

Затем доказывается, что уравнение определяющее периодический ряд F может быть приведено к форме дифференциального уравнения Пэнлеве третьего рода.

Наконец даются примеры поверхностей Ξ, имеющих сети определяющие периодические ряды F, где $h=h(\tau)$, $\tau=u+v$, или же $\tau=\alpha u+\beta v$, $\alpha\neq\beta$.

SUR LES SUITES F

(Résumé)

L'Auteur, en utilisant quelques résultats de B. Segre [5], reprend l'étude des suites non périodiques F [1]. [2] et des suites périodiques F.

Afin d'obtenir des suites F par les transformations successives de Laplace d'un réseau R, on considère une surface R rapportée à un réseau R. Au sens de [5] les coordonnées x d'un point courant de la surface satisfont le systéme (1'). Les conditions d'intégrabilité de ce système sont (5), (6). La condition pour que les tangentes aux courbes du réseau décrivent des congruences F de Fubini s'exprime par le.

Théorème A. *Les congruences décrites par les tangentes aux courbes d'un réseau R d'une surface R sont des congruences F. si*

$$\Theta=\Theta(h)\quad,\quad k=c=L(h),$$

où h, h sont les invariants de l'équation de Laplace *cocrespondante à réseau, et réciproquement.*

La condition afin que la suite obtenue par l'application successive de la transformation de Laplace soit une suite F, c'est à dire que toutes les congruences de la suite soient des congruences F, est donnée par le

Théorème B. *Un réseau R d'une surface R génère une suite F si*

(a) $$\Theta=\Theta(h)\quad;\quad k=k(h),$$

(b) $$h_{uv}=f_1(h)\quad;\quad h_u h_v=f_2(h).$$

On retrouve le théorème de Finikoff [1], en démontrant que les conditions (a) et (b) sont vérifiées, siesquatre congruences de droites successives de la suite décrivent des congruences de Fubini.

On étudie le système (b) et on donne des exemples des surfaces R qui conduisent à des suites F pour $h=h(\tau)$, où $\tau=\alpha u+\beta v$, $\alpha\neq\beta$,

Les résultats du théorème B sont apliqués à l'étude des suites F pèriodiques. Ces suites s'obtiennent des réseaux Ξ^* de Segre [5].

On montre ensuite que l'équation qui détermine la suite F périodique, peut être mise sous la forme d'une équation différentièlle de troisième type de Painlevé.

On donne, enfin, des exemples de surfaces Ξ, possédant des réseaux qui déterminent des suites F périodiques, où $h=h(\tau)$, $\tau=u+v$ ou $\tau=\alpha u+\beta v$, $\alpha\neq\beta$.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

TRANSPORTUL SUBSTANŢEI LA ELECTROZII DE ARC ÎN CURENTUL CONTINUU

DE

N. CALINICENCO, C. RUSCIOR, CORNELIA CIOBANU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

I. Introducere şi scopul lucrării.

In timpul arderii unui arc cu electrozi metalici, se petrece un fenomen complex care poate cuprinde 3 părţi principale şi anume: 1) trecerea curentului electric, 2) topirea electrozilor şi 3) transportul substanţei de pe un electrod pe altul. Pe lîngă aceste procese se mai petrec şi 1) oxidări ale substanţei din care sînt făcuţi electrozii, 2) variaţia parametrilor electrici ca tensiune şi intensitate şi 3) vaporizarea substanţei din care sînt constituiţi electrozii.

Literatura asupra acestor studii este bogată şi poate fi găsită în cartea lui A. Hagenbach [1], care conţine date pînă în anul 1924 şi cartea lui N. A. Kapţov [2], cu date pînă în 1950. Descărcarea prin arc a fost studiată mai ales din punct de vedere al parametrilor electrici. Asupra transportului substanţei, cartea lui A. Hagenbach nu face decît să-l semnaleze în mod sumar la pp. 98—100.

Şcoala sovietică a pus problema transportului substanţei la o descărcare prin arc. Metoda prelucrării metalelor prin scîntei electrice, elaborată de laureaţii Premiului Stalin, B. R. Lazarenko şi N. I. Lazarenko din U.R.S.S. a creat noi posibilităţi de cercetare în acest domeniu [3], [4]. Unele cercetări asupra oxidărilor şi transportului de pe electrozi s-au făcut de către V. F. Smirnov (1937), L. N. Filimonov (1947) şi V. K. Prokofiev (1948) [1]). In lucrarea lor, cu titlul: *Despre procesele de oxidare şi de transport ce se petrec la electrozii arcului de curent continuu* V. V. Borovikov şi P. D. Korj [5], studiază arderea arcului de curent continuu între electrozi de oţel şi stabilesc două tipuri de oxidări: 1) o oxidare cu prevalarea difuziei moleculare a substanţelor şi 2) o oxidare cu prevalarea difuziei de convecţie a substanţelor. Corespunzător acestor două tipuri de oxidări ale fierului, au loc două sensuri de transport a substanţelor de pe electrozi. Experienţele lor

1) Citat după [5].

au arătat că transportul substanţei de pe electrozi este cu mult mai complex şi că acest transport nu are loc totdeauna de la catod la anod — cum reieşea din lucrările anterioare [5] — ci că se observă şi un transport invers.

Noi ne-am propus să studiem arcul electric ce străbate aerul între electrozi identici sau electrozi diferiţi de cupru, aluminiu, fier şi alte metale, la presiune atmosferică, numit şi arcul lui Petrov. Caracteristicile electrice ale acestui arc au fost studiate de diferiţi autori [6]; noi ne-am referit numai la fenomenele fizice de transport de substanţă ce au loc pe electrozii arcului în timpul funcţionării lui. Totodată am trecut şi la studiul comportării electrozilor la producerea arcului de scînteie. In prezenta lucrare se dau rezultatele obţinute pentru electrozii de cupru.

II. Metoda de lucru şi rezultatele experimentale.

Montajul utilizat (fig. 1) a fost un circuit conţinînd electrozii metalici de studiat (1 şi 2), care erau montaţi în paralel cu un condensator C, a cărui capacitate a fost succesiv de 4, 8, 16, 32 şi 64 microfarazi. Reostatul R serveşte pentru limitarea curentului de scurt circuit I, care se citeşte pe ampermetrul A. Pentru alimentare s-a utilizat curentul continuu de la o baterie de 120 volţi. Electrozii de cupru utilizaţi aveau dia-

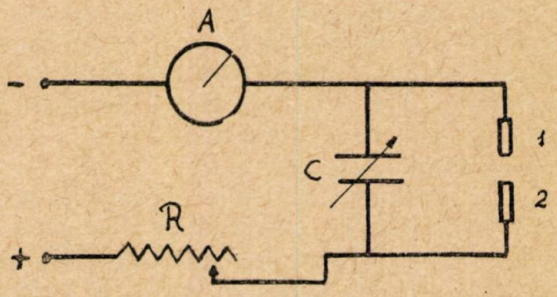


Fig. 1

metrul de 1,4 mm şi erau dispuşi orizontal. Iniţial, atît catodul cît şi anodul erau de greutăţi egale. Cîntărirea se făcea cu o balanţă analitică, cu aproximaţia de 0,2 mg.

Curentul I_a pentru care are loc amorsarea arcului lui Petrov este funcţie de capacitatea condensatorului (fig. 2). Se observă că acest curent creşte odată cu capacitatea, după o curbă care nu este liniară.

Pentru curenţii mai mic decît curentul de amorsare I_a, la cantactul între electrozi se obţine o descărcare sub formă de scînteie, denumită şi arc de scînteie. Această descărcare prin scîntei este însoţită de o eroziune a electrozilor (electro-eroziune).

S-a determinat în primul rînd variaţia de greutate a electrozilor corespunzătoare unui aceluiaşi număr de descărcări, la diferite valori ale curentului de scurt circuit. Am constatat că practic catodul nu-şi schimbă greutatea, pe cînd anodul devine mai uşor. Variaţia de greutate a anodului nu depinde de valoarea curentului de scurt circuit, ci numai de valoarea capacităţii şi de numărul de scîntei. Deci ea depinde de energia

înmagazinată în condensator. În fig. 3 este reprezentată variația greutății anodului în funcție de capacitate, corespunzătoare unui număr de 1000 descărcări. Descreșterea greutății anodului este sensibil liniară.

S-a determinat apoi variația de greutate a electrozilor în funcție de cantitatea de electricitate debitată de sursă în timpul descărcărilor.

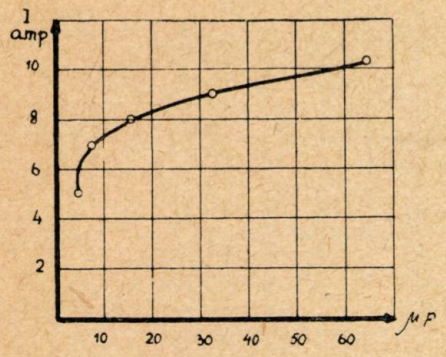


Fig. 2

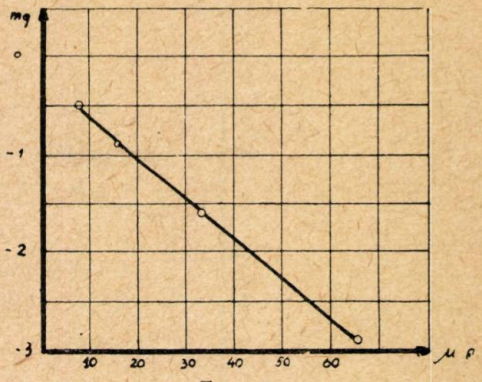


Fig. 3.

Această cantitate de electricitate se determină cu ajutorul unui coulombmetru simplu, format dintr-un voltametru cu apă acidulată, montat în circuitul sursei. Cantitatea de electricitate se determină prin măsurarea volumului de gaz degajat la electroliză.

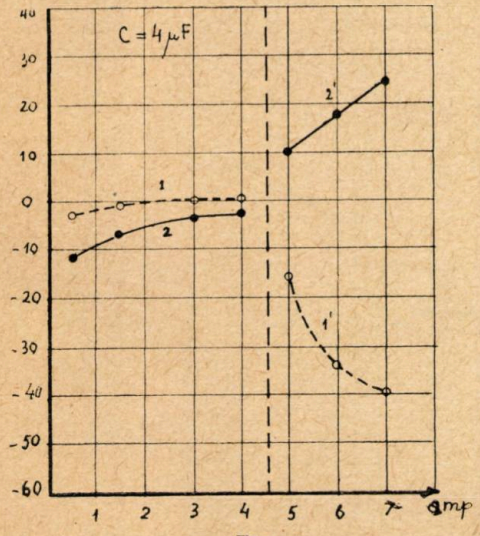


Fig. 4.

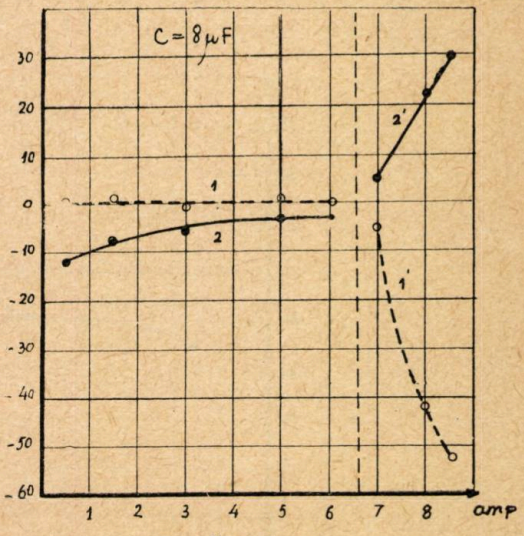


Fig. 5.

În fig. 4—7 se dau rezultatele obținute cu capacitățile de 4, 8, 16 și 32 μF. În abscisă este trecută intensitatea de scurt circuit, în amperi, iar în ordonată se dă în miligrame variația de greutate a electrozilor, corespunzătoare unei cantități de electricitate de 1 kilocoulomb,

ceea ce corespunde unei cantităţi de energie debitată de sursă de 120 kilojoule. Curbele 1 se referă la variaţia de greutate a catodului, iar curbele 2 la cea a anodului.

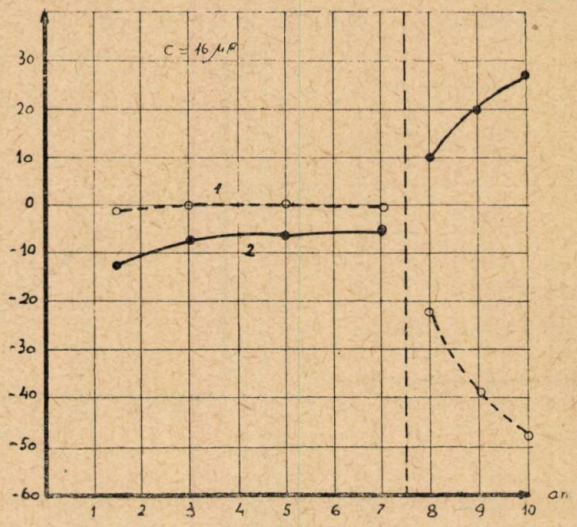


Fig. 6.

Din grafice rezultă că la catod variaţia de greutate este neînsemnată, pe cînd la anod variaţia de greutate este mai mare pentru curenţii mici decît pentru curenţi mari. Acest rezultat poate fi interpretat în sensul că

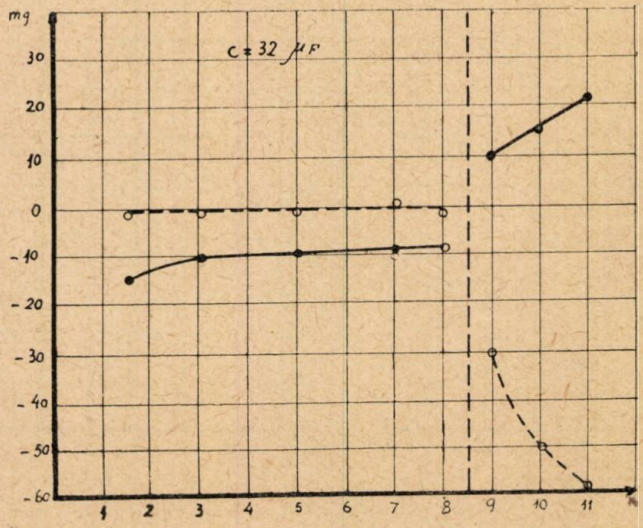


Fig. 7.

odată cu descărcarea condensatorului, care provoacă scînteia, trece şi o anumită cantitate de electricitate de la sursa de alimentare în momentul

contactului între electrozi. Această cantitate de electricitate este cu atît mai mare, cu cît intensitatea curentului de scurt circuit este mai mare, ceea ce face ca pentru aceeași cantitate de electricitate totală debitată, numărul descărcărilor prin scîntei să fie mai mare la curenți mici, decît la curenți de intensitate mare. Corespunzător și cantitatea de substanță detașată de pe anod prin electroeroziune, pentru aceeași energie debitată de sursă, va fi mai mare la curenți de intensitate mică, decît la curenții de intensitate mare. Acest lucru poate fi important pentru practică căci el arată că este mai economic să se facă electro-eroziunea cu curenți de intensitate mică, decît cu curenți de intensitate mare.

In graficele din fig. 4—7 linia punctată verticală reprezintă limita aproximativă cînd descărcarea prin scînteie trece într-o descărcare în arc. După cum am arătat mai sus, curentul de scurt circuit pentru care are loc această trecere depinde de valoarea capacității montată în paralel cu electrozii și crește odată cu ea. Curbele 1' și 2' reprezintă variațiile de greutate a catodului resp. a anodului, la descărcarea în arc, în funcție de curent. Se constată că după descărcare greutatea anodului este mai mare decît cea inițială, iar greutatea catodului, micșorată, deci avem un transport de substanță de pe catod pe anod. Cantitatea de substanță transportată, corespunzătoare unei aceleiași cantități de electricitate, crește odată cu intensitatea curentului. (Curbele 1' și 2' sînt trasate pentru aceeași cantitate de electricitate de 1 kilocoulomb). Totodată descărcarea este însoțită și de fenomene secundare care fac ca lipsa în greutate a catodului, constatată după descărcare, să întreacă excesul în greutate a anodului.

III. Discutarea rezultatelor și concluzii.

Descărcarea sub formă de scînteie la contactul electrozilor, se obține cînd avem legată o capacitate în paralel cu arcul, sau cînd arcul se formează într-un mediu lichid care face ca descărcarea să nu se stabilizeze. In cazul acesta am văzut că se produce o distrugere, o eroziune a anodului. Cantitatea de substanță erodată în unitate de timp depinde de cantitatea de energie înmagazinată în condensatorul de descărcare și deci este proporțională cu numărul descărcărilor. In acest fenomen electrozii practic nu se încălzesc. Se poate admite totuși că la baza eroziunii anodice stau procesele termice, procese ce se petrec într-o durată foarte scurtă de timp. Căldura ce se provoacă la această descărcare electrică prin impulsuri, face ca temperatura anodului să fie într-un moment mai ridicată decît a catodului, fenomen observat de altfel și la arcul lui Petrov. Această căldură topește brusc și evaporă parțial un volum oarecare de substanță de pe anod. Trecerea bruscă de la temperatura de topire, pe o suprafață foarte mică, produsă de un impuls electric, temperatură ce trebuie să fie de cîteva mii de grade, la cea normală, provoacă la locul de acțiune a descărcării și explozii însoțite de împroșcări de substanță de pe anod. Substanța astfel detașată se împrăștie în spațiul arcului. Se produce de data aceasta o pulverizare anodică, la care particulele răcite nu ajung la catod decît în cantități neînsemnate. In urma pulverizării anodice se formează pe anod mici cratere a căror densitate e în

funcţie de numărul de scintei. Gazele ocluse din anod cît şi oxidarea suprafeţei anodului modifică şi ele condiţiile fenomenului. Variaţia bruscă de temperatură face să se formeze şi să se evapore combinaţii de oxizi, care la rîndul lor acoperă parţial suprafaţa depunîndu-se sub formă de pulbere. Temperatura mai ridicată a anodului faţă de catod face ca la anod procesele de oxidare să fie mai energice şi aceste procese ajută mult la pulverizarea anodică.

In ceea ce priveşte cea de a doua formă de descărcare — arcul lui Petrov — am văzut că pentru ca ei să se amorseze, intensitatea curentului de scurt-circuitare trebuie să depăşească o anumită valoare minimă, ce depinde de capacitate montată în paralel cu arcul. La această intensitate, descărcarea trece din scînteie în arc. Avem şi la această formă de descărcare un transport de electricitate şi de substanţă. Transportul de electricitate în arc este făcut printr-un flux de electroni şi de ioni pozitivi, rezultaţi prin ionizarea vaporilor metalici şi a gazelor înconjurătoare. Ionii pozitivi se îndreaptă către catod, pe cînd transportul de substanţă are are loc mai ales de la catod la anod. Prin urmare acest transport se face într-un sens sau altul, după cum avem arcul lui Petrov sau arcul de scînteie. La arc transportul nu se poate explica ca la electroliză prin ioni, căci în arcul lui Petrov sensul ionilor pozitivi este opus faţă de transportul real al substanţei. Deci pentru arc trebuie căutată o altă explicaţie a transportului substanţei.

Explicaţia cea mai admisă ar fi următoarea : căldura degajată la extremitatea catodului, prin bombardarea cu ioni pozitivi, accelerați de căderea catodică şi încălzirea provocată de radiaţiile intensive emise de anod, au ca efect de a aduce catodul într-o stare plastică, vecină cu cea de topire [7]. Temperatura ridicată a catodului este întreţinută prin ionii pozitivi, care îl lovesc. Formarea ionilor pozitivi cere căderii catodice o valoare de aşa fel, ca electronii emişi de catod să poată cîştiga o energie cinetică suficientă, pentru a ioniza gazul şi vaporii dintre electrozi. Bombardarea catodului de către ionii pozitivi produce o pulverizare a catodului la suprafaţă. Particulele de substanţă ce se desprind de pe electrod se prezintă ca o evaporare în urma unei puternice, dar scurte supraîncălziri a unei suprafeţe mici de pe catod, ca rezultat al energiei cinetice a ionilor. Aceste particule vin să se condenseze pe anod. După unii autori [7], se admite intervenţia în acest transport atît a tensiunii superficiale, cît şi a unui fenomen de strictiune, care face ca particulele să se detaşeze de pe extremitatea catodului şi să fie proiectate pe anod.

Catedra de Fizică

BIBLIOGRAFIE

1. A. Hagenbach, *Der elektrische Lichtbogen*, Leipzig, 1924.
2. Н. А. Капцов, Электрические явления в газах и вакууме, Гостехиздат, М.-Л., 1920.
3. А. В. Носов, Д. В. Рыков, Электроискровая обработка металлов, Коиз, Москва, 1953.
4. B. R. Lazarenko, Realizările din U.R.S.S. în domeniul prelucrării metalelor prin scintei electrice, I.D.T., 1954, (trad. din l. rusă).
5. В. В. Боровиков, П. Д. Корж, Ж. техн. физики, *22*, No. 2, стр. 227.
6. Н. А. Капцов, Электроника, Гостехиздат, Москва, 1953, стр. 323—331.
7. M. C. Léona d,, L'arc électrique et son application à la soudure, Rev. d'Electricité et Mécanique, 1934, Nr. 34, p. 4.

ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГЕ ПРЯМОГО ТОКА

(Краткое содержание)

Авторы изучают перенос вещества в дуге с медными электродами, в виде дуги Петрова, а также в искровой дуге.

В дуге Петрова перенос электричества осуществляется при помощи потока электронов и положительных ионов, тогда как передача вещества имеет место от катода к аноду. В искровой дуге наблюдается обратное эрозия анода. Количество эродированного вещества зависит от числа искр. Притом же, на аноде окисление происходит более энергично что помогает распылению металла.

LE TRANSPORT DE SUBSTANCE DANS L'ARC ÉLECTRIQUE À COURANT CONTINU

(Résumé)

Les Auteurs ont étudié le transport de substance dans l'arc entre des électrodes en cuivre, tant dans la décharge dite l'arc de Petrov, que dans l'arc à étincelles.

Dans l'arc de Petrov letransport de l'électricité est réalisé par un flux d'électrons et d'ions positifs, tandis que le transport de substance a lieu de la cathode à l'anode. Dans l'arc a étincelles on constate au contraire une érosion de l'anode. La quantité de substance érodée est fonction de nombre des étincelles. En même temps l'oxydation énergique de l'anode rend plus facile la pulvérisation du métal.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢII LA DETERMINAREA EFICACITĂŢII MAXIME A ECRANELOR FLUORESCENTE

DE

EMIL LUCA, GH. ILIESCU şi N. REUS

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politechnic din 12-13 februarie 1955

1. Consideraţii generale

Cercetări teoretice şi experimentale făcute de G. Destriau [1, p. 196] în 1945, au arătat că eficacitatea unui ecran fluorescent, adică raportul $\rho = \frac{\beta}{I}$ dintre iluminarea β a substanţei fluorescente a ecranului şi intensitatea ionometrică I a fasciculului de raze X incident la ecran, prezintă un maxim cînd lungimea de undă a fascicolului de raze X variază, că acest maxim se deplasează spre lungimi de undă scurte cînd grosimea suportului absorbant creşte şi că valoarea lui scade cînd grosimea suportului pe care este depusă substanţa fluorescentă creşte.

In 1947 unul din noi [2] cercetînd influenţa filtrelor asupra eficacităţii maxime a ecranelor fluorescente, a arătat că şi în acest caz, eficacitatea ecranului, adică raportul dintre iluminarea β şi intensitatea ionometrică I a fasciculului de raze X incident la ecran, însă în prealabil filtrat, prezintă un maxim cînd lungimea de undă a fasciculului de raze X variază, că acest maxim se deplasează de asemenea spre lungimi de undă mai scurte (potenţiale mai mari) cînd grosimea filtrului creşte şi că valoarea acestui maxim creşte cînd grosimea filtrului creşte.

Consideraţiile teoretice făcute în lucrarea indicată [2] au arătat că rezultatele căpătate în ambele cazuri sînt în concordanţă, fiind posibilă o interpretare teoretică a lor.

Lungimea de undă a fasciculului de raze X fiind dată de relaţia:

$$\lambda = \frac{12{,}35}{U} \quad (\lambda \text{ fiind în Å, iar } U \text{ în kV}).$$

în ambele cazuri menţionate variaţia lungimii de undă s-a efectuat prin variaţia tensiunii la vid a tubului de raze X, menţinîndu-se constant curentul electronic din tub.

Deoarece la aparatele de raze X uzuale, nu se poate face un reglaj fin al tensiunii la vid, variaţia acesteia făcîndu-se prin salturi, curba de

eficacitate a ecranelor fluorescente în funcţie de lungimea de undă a fasciculului de raze X nu poate fi trasată continuu.

2. Determinarea eficacităţii ecranelor fluorescente funcţie de curentul electronic din tubul de raze X.

Plecînd de la aceste consideraţiuni, noi ne-am propus să cercetăm posibilitatea trasării curbei de eficacitate a unui ecran fluorescent, menţinînd constantă tensiunea la vid a tubului de raze X şi variind curentul electronic din tub, prin varierea încălzirii filamentului, aceasta permiţînd un reglaj cît se poate de fin.

Ţinînd seama de faptul că ceea ce determină compoziţia spectrală (compoziţia în lungimi de undă) a unui fascicul de raze X nu este tensiunea la vid, ci tensiunea efectivă aplicată tubului, a cărei valoare U este dată de relaţia:

$$U = V - ri.$$

unde: V – tensiunea la vid, ri – căderea de tensiune pe transformator, i fiind curentul electronic iar r impedanţa secundarului transformatorului. Rezultă că valoarea tensiunii efectiv aplicate este determinată atît de tensiunea la vid cît şi de căderea de tensiune de pe transformator.

Menţinînd tensiunea la vid constantă, tensiunea efectivă şi deci compoziţia spectrală a fasciculului de raze X produse de tub, va fi funcţie numai de căderea de tensiune de pe transformator şi deci de curentul electronic din tub.

Există deci posibilitatea de a trasa curba eficacităţii ecranelor fluorescente, menţinînd constantă tensiunea la vid şi variind curentul electronic din tub.

Pentru a verifica experimental dacă în adevăr o variaţie o curentului electronic ne poate duce la trasarea curbei de eficacitate a unui ecran fluorescent, am folosit dispozitivul experimental utilizat de noi în alte lucrări anterioare [2], [3], [4].

Pentru producerea fasciculului de raze X, am folosit ca şi în cazurile precedente, un aparat „Heliodor Duplex", prevăzut cu un tub „Douglas" şi ecran fluorescent „Super Astral".

Măsura iluminării β a ecranului fluorescent s-a făcut cu ajutorul unei celule fotoelectrice de tipul „cu strat de baraj", plasată în imediata apropiere a ecranului fluorescent. Curentul fotoelectric dat de celulă a fost măsurat cu ajutorul unui galvanometru de rezistenţă potrivită.

Intensitatea ionometrică I a fasciculului de raze X, s-a măsurat prin curentul de ionizare j produs de acest fascicul într-o cameră de ionizare Küstner.

Intensitatea ionometrică I_0 a fasciculului fiind înlocuită cu curentul de ionizare j, produs de fasciculul de raze X în camera Küstner, valoarea raportului $\rho = \frac{\beta}{I_0}$, a devenit $\rho = \frac{\beta}{j}$ şi a fost obţinută ţinîndu-se seama de consideraţiile teoretice ale lui Destriau [1, p. 190) după care iluminarea β a ecranului creşte cu intensitatea fasciculului de raze X incident la substanţa fluorescentă după relaţia:

$$\beta = I(1 - e^{-\mu b}),$$

în timp ce intensitatea ionometrică I a fasciculului incident la substanța fluorescentă a ecranului variază funcție de valoarea intensității ionometrice I_0 a fascicolului incident la suportul substanței fluorescente după legea :

$$I = I_0 e^{-\tau a},$$

ceea ce dă :

$$\rho = \frac{\beta}{I_0} = e^{-\tau a}(1 - e^{-\mu b})$$

și care în cazul nostru a devenit :

$$\rho = \frac{\beta}{I_0} = e^{-\tau a}(1 - e^{-\mu b}),$$

unde : a — grosimea suportului substanței fluorescente ;
b — grosimea stratului substanței fluorescente depuse pe suportul a ;
τ — coeficientul de slăbire a intensității ionometrice a fasciculului de raze X datorită suportului de grosime a ;
μ — coeficientul de absorbție al razelor X datorit substanței fluorescente.

Pentru trasarea curbei de eficacitate a ecranului fluorescent, ne-am plasat în acele condițiuni de lucru care corespund cel mai mult cu situa-

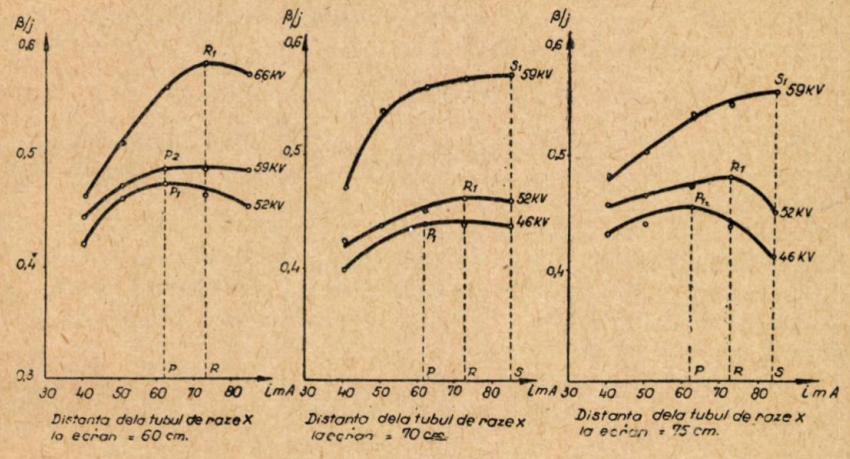


Fig. 1

ția reală a plasării ecranelor fluorescente față de tubul de raze X în cazul radioscopiilor și radiografiilor.

Deoarece condițiile de lucru și aparatura utilizată au fost aceleași ca și în cazul lucrărilor anterioare [2], [3], [4], și rezultatele căpătate în ceea ce privește iluminarea β a ecranului fluorescent și curentul de ionizare j, măsurat în camera Küstner, sînt similare celor anterioare.

Determinările experimentale ale lui β și j au permis calculul raportului $\rho = \frac{\beta}{j}$, iar variația acestui raport în funcție de curentul electronic i

din tub, pentru o tensiune la vid constantă, este redată în curbele din fig. 1, unde s-a luat în abscisă curentul i iar în ordonată raportul $\rho = \frac{\beta}{j}$.

Analiza acestor curbe arată:

1. Raportul $\rho = \frac{\beta}{j}$ variază în funcţie de curentul electronic i din tubul de raze X, atunci cînd tensiunea la vid este constantă, prezentînd un maxim pentru o anumită valoare a acestui curent.

Acest rezultat confirmă deci posibilitatea trasării curbei de eficacitate a unui ecran fluorescent prin înlocuirea variaţiei tensiunii la vid cu variaţia curentului electronic din tub.

2. Maximele raportului $\frac{\beta}{j}$ se deplasează către valori mai mari ale curentului electronic i, atunci cînd tensiunea la vid creşte.

3. Valoarea acestor maxime creşte cu tensiunea la vid aplicată tubului.

Creşterea valorii acestor maxime cu tensiunea la vid poate fi interpretată astfel.

Să considerăm că tensiunea la vid V_1 a tubului de raze X este menţinută constantă şi fie i_1, valoarea curentului electronic pentru care s-a căpătat raportul ρ_1 maxim.

In acest caz tensiunea efectivă aplicată tubului de raze X are o valoare bine definită U_1, iar intensitatea ionometrică a fasciculului de raze X produs de tub dată de relaţia:

$$I_1 = CNU_1^2 i_1$$

(unde: $C = 1{,}67.10^{-6}$ după Beatty [1, p. 22], N — numărul atomic al elementului radiator), va avea de asemenea o valoare bine determinată fiind funcţie de U_1 şi i_1.

Deoarece atît coeficientul de slăbire τ al fasciculului de raze X datorit suportului ecranului, cît şi coeficientul de absorbţie μ datorit substanţei fluorescente, sînt funcţie de lungimea de undă, deci de U_1, ei vor avea valori bine determinate τ_1 şi μ_1 şi în acest caz eficacitatea maximă a ecranului va fi dată de relaţia:

$$\rho_1 = \frac{\beta_1}{j'_1} = e^{-\tau_1 a}(1 - e^{-\mu_1 b}).$$

Dacă fixăm o altă tensiune la vid a tubului $V_2 > V_1$ din curbele din fig. 1 se vede că eficacitatea maximă este atinsă pentru un curent electronic $i_2 > i_1$, tensiunea efectiv aplicată tubului avînd de asemenea valoarea $U_2 > U_1$.

Vor corespunde pentru coeficientul de slăbire şi coeficientul de absorbţie valorile τ_2 şi μ_2, corespunzătoare tensiunii efective aplicate U_2 şi în acest caz eficacitatea maximă a ecranului fluorescent va deveni:

$$\rho_2 = \frac{\beta_2}{j_2} = e^{-\tau_2 a}(1 - e^{-\mu_2 b}).$$

Coeficientul de slăbire τ conform curbelor trasate de Molthusen, Braun, Réad [1, p. 111] crescînd odată cu lungimea de undă, deci

variind în sens invers cu tensiunea efectivă aplicată tubului, rezultă că pentru cazul $U_2 > U_1$, coeficientul de slăbire $\tau_2 < \tau_1$.

Dacă admitem că coeficientul de absorbție μ_2 nu variază sensibil față de μ_1 deoarece pe substanța fluorescentă din cauza creșterii coeficientului de slăbire cu lungimea de undă, ajunge un fascicol de raze X cu variații relativ mici în ceea ce privește compoziția spectrală, termenul $(1 - e^{-\mu_2 b})$ va varia puțin față de $(1 - e^{-\mu_1 b})$.

In acest caz de oarece $\tau_2 < \tau_1$ iar $(1 - e^{-\mu_1 b})$ a variat puțin față de $(1 - e^{-\mu_2 b})$, rezultă că $\rho_2 > \rho_1$ deci în concordanță cu cele stabilite experimental.

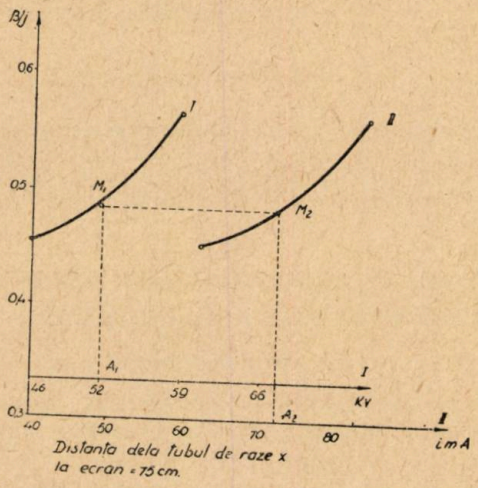


Fig. 2.

Valorile maxime ale raportului β/j din fig. 1, permit trasarea curbei de eficacitate maximă a ecranului fluorescent funcție de curentul electronic din tub conform fig. 2, II.

Dacă în fig. 2 se trasează și curba valorilor maxime ale raportului β/j funcție de tensiunea efectivă aplicată tubului (curba I) în acest caz cele două curbe I și II oferă posibilitatea determinării tensiunii de alimentare a tubului sau a curentului electronic atunci cînd se cunoaște unul din cele două elemente, pentru condiția de eficacitate maximă a ecranului.

3. Concluzii

Din prezenta lucrare rezultă următoarele:

1. Se poate stabili condiția de funcționare optimă a unui ecran fluorescent menținîndu-se constantă tensiunea la vid și variindu-se curentul electronic al tubului. Acest lucru este posibil deoarece o variație a curentului electronic prin variația căderii de tensiune pe care o produce pe generatorul de raze X, se reduce în fond tot la variația tensiunii efective aplicate tubului.

2. Mărimile raportului β/j, care indică funcționarea optimă a ecranelor, se deplasează către valori mai mari a intensității curentului electronic atunci cînd tensiunea la vid a tubului crește.

3. Valoarea acestor maxime creşte cînd tensiunea la vid creşte. Acest lucru este în acord cu consideraţiunile teoretice făcute.

4. Se pot trasa pe acelaşi grafic curbele valorilor maxime ale raportului β/j funcţie de tensiunea aplicată tubului şi funcţie de curentul electronic din tub.

Aceste curbe permit determinarea cu uşurinţă fie a tensiunii de alimentare a tubului cînd se cunoaşte curentul electronic din tub, fie a curentului electronic cînd se cunoaşte tensiunea de alimentare, aceasta în condiţia funcţionării de eficacitate maximă a ecranului fluorescent.

Catedra de Fizică
Laboratorul de Fizică al Fac. Electrotehnică

BIBLIOGRAFIE

1. G. Destriau, *Physique appliquée des instalations à rayons* X, 1945, Paris,
2. V, Petrescu et E. Luca, Bull. de l'Ec. Polyt Jassy, 1947, t. II, 1, p. 193.
3. E. Luca et Gh. Iliescu, Bull. de l'Ec. Polyt. Jassy, 1947, t. II, 1, p. 203.
4. E. Luca, Bull. de l'Ec. Polyt. Jassy, 1948, t. III, 2, p. 285.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЛУОРЕСЦИРУЮЩЕГО ЭКРАНА

(Краткое содержание)

Определяется максимальная эффективность экрана, подвергнутого действию пучка лучей X при неизменном холостом напряжении и изменяется электронный ток в трубке.

Можно нанести на тот же график кривые максимальных значений отношения β/j, в зависимости от напряжения прилагаемого к трубке лучей X и электронного тока в трубке.

Эти кривые позволяют легко определить, как питающее напряжение трубки лучей X, когда известен электронный ток в трубке, так и электронный ток, когда известно питающее напряжение в условии максимального эффективного функционирования флуоресцирующего экрана.

CONTRIBUTION À LA DÉTERMINATION DE L'EFFICACITÉ MAXIMUM DES ECRANS FLUORESCENTS

(Résumé)

Dans cet article on détermine l'efficacité maximum d'un ecran fluorescent actionné par un faisceau de rayons X quand la tension à vide est constante et on varie l'intensité du courant électronique du tube.

On peut tracer sur le même graphique les courbes des valeurs maximums du raport β/j en fonction de la tension à vide et du courant électronique du tube. Ces deux courbes permettent de trouver facilement soit la tension à vide, quand on connaît l'intensité du courant électronique soit le courant électronique, quand on connaît la tension à vide, afin que l'écran puisse fonctionner dans les conditions d'éfficacité maximum.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢII PRIME LA STABILIREA DE RELAŢII ÎNTRE ELEMENTELE ELECTRICE ALE PARTICULEI OSCILANTE ŞI LUNGIMEA DE UNDĂ EMISĂ ÎN CADRUL CELOR MAI SCURTE UNDE ELECTROMAGNETICE

DE

V. PETRESCU, EMIL LUCA ŞI GH. SAVIN

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

1. *Consideraţii generale.* Producerea undelor electromagnetice cele mai scurte, de ordinul a cîtorva microni, cu ajutorul oscilatorului în masă coloidal, condiţiile în care se poate obţine un fascicol cît mai monocromatic şi deci o periodicitate cît mai mulţumitoare, precum şi consideraţiile care completează şi perfectează starea de identitate dintre undele electromagnetice şi radiaţiile infraroşii, au format deja conţinutul a trei articole anterioare [1]—[3].

Obiectul prezentei lucrări îl formează o primă încercare de a stabili o relaţie între lungimile de undă a undelor emise de către oscilatorul în masă coloidal — în special cel cu coloizi Bredig — şi dimensiunile particulelor oscilante emiţătoare.

In acceptarea că particulele emiţătoare ar lucra ca nişte antene mici emiţătoare de energie şi considerînd faptele în mod brut, particulele ar trebui să oscileze pe jumătate lungime de undă. In ultimul articol al nostru, am indicat că deocamdată direct, nu găsim nici o relaţie concordantă.

Forma particulelor cît şi dimensiunile acestora nu ne este cunoscută. Literatura arată vag că particulele coloizilor de tip Bredig au dimensiuni (cele mai mari) de ordinul $10^{-4} — 10^{-6}$ cm [4] – [5].

Dacă am cunoaşte forma şi dimensiunile particulei, din calcularea coeficientului de autoinducţie şi a capacităţii particulei (se calculează cu formule adecvate), am stabili valoarea lungimei de undă emisă, pe care am putea-o compara cu cea găsită experimental.

In aceste condiţii sîntem obligaţi să admitem că oscilaţiile electromagnetice se produc pe sfert sau jumătate de lungime undă; astfel rezultă prin calcul o mărime de particulă (o singură dimensiune), care trebuie să se înscrie neapărat în intervalul indicat mai sus. De asemenea sîntem obligaţi să presupunem diferite forme pentru particulă; sferă, cilindru, paralelipiped, con şi alte combinaţii din acestea.

Din forme şi dimensiuni, luate acum drept cunoscute, putem calcula în fiecare caz coeficientul de autoinducţie şi capacitatea particulei, care permit apoi calcularea lungimei de undă. Dacă lungimea de undă calculată este de ordinul celei găsite experimental, atunci forma considerată, felul de oscilaţie admis, cît şi mărimea însăşi, devin şi ele plauzibile.

Noi în această lucrare, în urma unor prime încercări efectuate după raţionamentul indicat, am ajuns să admitem că oscilaţia se produce pe $\lambda/4$ (ca o antenă la pămînt), că particulele ar avea forma cilindrică şi că diametrul cilindrului ar fi egal cu generatoarea acestuia. Se obţin astfel rezultate concordante.

2. *Stabilirea directă a mărimii particulei.* Oscilaţia producîndu-se pe sfert de lungime de undă, lungimea particulei reiese după relaţia $\lambda = 4\,l$.

Dacă ne raportăm la curbele unuia din articolele noastre [1]—[3], lungimile de undă obţinute în cazul coloizilor Bredig sînt $\lambda = 3{,}7\,\mu$; $\lambda = 4{,}1\,\mu$; $\lambda = 4{,}5\,\mu$; $\lambda = 5{,}5\,\mu$, respectiv apar lungimi de particulă $l = 9{,}25.10^{-5}$ cm; $l = 1{,}02.10^{-4}$ cm; $l = 1{,}12.10^{-4}$ cm; $l = 1{,}37.10^{-4}$ cm. Toate aceste mărimi sînt cuprinse în domeniul indicat în literatură de $10^{-4} - 10^{-6}$ cm.

Mecanismul de oscilaţie pe sfert de lungime de undă în cazul coloizilor Bredic — arc electric — poate fi interpretat în sensul că particula ar intra în oscilaţie înainte de a fi detaşată complet de electrod. S-ar mai putea ca particule de aceeaşi mărime să intre în oscilaţie prin rezonanţă crescînd astfel energia emisă.

3. *Calculul lungimii de undă.* Lungimea de undă a radiaţiei electromagnetice emisă se poate calcula însă cu ajutorul inductanţei şi capacităţii particulei oscilante, prin utilizarea formulei lui Thomson

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

L fiind inductanţa şi C capacitatea particulei, precum şi a relaţiei

$$\lambda = c\,T$$

c fiind viteza de propagare a radiaţiilor electromagnetice.

Însă pentru cunoaşterea a celor două elemente de bază, C şi L, trebuie cunoscute mărimea şi forma particulei oscilante. De asemenea trebuie cunoscute formulele adecvate, care permit din forma şi mărimea particulei să se calculeze cele două elemente de bază.

Asupra mărimei particulei, ca şi asupra formei nu putem avea valori precise, ele putînd fi destul de variate. Dealtfel un microscop electronic nu ne-ar da decît o vedere în plan, adică nu am putea şti forma particulei în spaţiu.

In aceste condiţii am adoptat ca mărime cea calculată mai înainte, iar ca formă, în lucrarea de faţă, am admis că particula are formă cilindrică, avînd diametrul egal cu generatoarea.

In această situaţie capacitatea statică C_A (încărcare uniformă repartizată) poate fi calculată [6]:

$$C_A = \frac{0{,}4343\,l}{\log \dfrac{\frac{l}{2} + \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + r^2}}{-\frac{l}{2} + \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + r^2}}},$$

în care l este lungimea și r raza cilindrului. Cum condițiile noastre impun $r = \frac{l}{2}$ relația devine

$$C_A = 0{,}56\, l \ u.e.s. \tag{1}$$

Inductanța statică L_A la frecvență ridicată se poate calcula cu formula

$$L_A = 0{,}002\, l \left(2{,}303 \log \frac{4l}{d} - 1 \right) \mu H,$$

d fiind diametrul, iar dimensiunile luîndu-se în cm, la care se mai adaugă termenul $\frac{d}{2l}$, corecție ce se introduce la conductoarele foarte scurte, la care $l < 100\, d$ [7]. In cazul nostru ($d = l$), formula de mai sus devine

$$L_A = 0{,}00178\, l \ \mu H. \tag{2}$$

Deci atît capacitatea cît și inductanța statică, în condițiile noastre ($d = l$) sînt proporționale cu lungimea particulei oscilante.

In vederea calculării lungimei de undă, trebuie utilizate însă constantele concentrate — dinamice — ale oscilatorului (curentul și tensiunea se distribuie neuniform). In cazul cînd admitem că particula oscilează fundamental pe $\lambda/4$ așa cum am admis (ca o antenă pusă la pămînt), valorile concentrate față de cele statice [8] sînt legate prin următoarele relații

$$C_D = \frac{2}{\pi} C_A \ ; \ C_D = 0{,}637\, C_A = 0{,}357\, l \ u.e.s.$$

$$L_D = \frac{2}{\pi} L_A \ ; \ L_D = 0{,}637\, L_A = 0{,}001134\, l \ \mu H.$$

Astfel expresia perioadei de oscilație devine

$$T = 2\pi \sqrt{L_D C_D}$$

iar pentru lungimea de undă obținem expresia

$$\lambda_{cm} = cT = 2\pi \sqrt{L_{D\,cm} C_{D\,cm}}$$

$$\lambda_{\mu} = 2\pi \sqrt{L_{D\,cm} \ C_{D\,cm}}\ 10^4. \tag{3}$$

4. *Compararea lungimii de undă obținută prin calcul cu cea obținută experimental.* Pentru a vedea dacă felul de oscilație (sfert de lungime de undă) cît și forma (un cilindru cu diametru cît generatoarea) admisă de noi pentru particula oscilantă sînt satisfăcătoare, aplicăm expresia (3) în care L_D și C_D se calculează, în cazul formei admise de noi, cu formulele specificate. Lungimea de undă astfel obținută prin calcul trebuie să respecte ordinul de mărime al celei obținute experimental.

Un exemplu de calcul pentru coloidul cu $\lambda = 3{,}7\, \mu$, mărimea particulei fiind $l = 9{,}25.10^{-5}$ cm.

$$L_D = 0,001134 . l = 0,001134 . 9,25 . 10^{-5} = 11,34 . 10^{-5} . 9,25 . 10^{-5} \simeq$$
$$\simeq 10,48 . 10^{-8} \mu H = 10,48 . 10^{-4} \text{ cm.}$$

$$C_D = 0,357 . l = 0,357 . 9,25 . 10^{-5} ues = 3,3 . 10^{-5} \text{ cm.}$$

$$\lambda_\mu = 2\pi \sqrt{L_D C_D} . 10^4 = 6,28 . 10^4 \sqrt{3,3 . 10,48 . 10^{-10}} \simeq$$
$$\simeq 6,28 . 10^{-1} . 5,87 \simeq 3,6 \mu .$$

Tabloul 1 arată rezultatul pentru cele patru curbe experimentale rezultate din utilizarea celor patru feluri de oscilatori coloidali, din care rezultă că λ calculat coincide cu cel găsit experimental.

Tablou Nr. 1

Coloid Bredig	λ fundamental experimental în microni	l lungimea particolei în cm	Inductanta L_D în cm	Capacitatea C_D în cm	λ fundamental în microni
$I = 0,5 - 1$ Amp.	3,7	$9,25.10^{-4}$	$10,48.10^{-5}$	$3,3.10^{-5}$	3,6
$I = 2 - 2,5$ Amp.	4,1	$1,02.10^{-4}$	$11,7.10^{-5}$	$3,7.10^{-5}$	4,2
$I = 4 - 5$ Amp.	4,5	$1,12.10^{-4}$	$12,7.10^{-5}$	4.10^{-5}	4,4
$I = 6 - 7$ Amp.	5,5	$1,37.10^{-4}$	$15,6.10^{-5}$	$4,9.10^{-5}$	5,4

Deci am putea admite particula de forma unui cilindru cu diametrul cît generatoarea, aceasta fiind o formă probabilă a particulei, în cazul cînd vibraţia se produce pe un sfert lungime de undă.

5. *Concluzii.*

1. Dacă se pleacă de la lungimea de undă obţinută experimental se poate stabili mărimea particulei generatoare şi se constată că face parte din domeniul coloidal $10^{-4} - 10^{-6}$ cm.

2. Dacă se admite că particula oscilantă, oscilează pe sfert de lungime de undă, adică ea intră în oscilaţie înainte de a părăsi electrodul, ceea ce-i plauzibil, şi că ea are forma unui cilindru cu diametrul cît generatoarea particulei, atunci calculul lungimii de undă prin inductanţa şi capacitatea dinamică a particulei dau tocmai lungimea de undă găsită experimental.

3. Coincidenţa dintre lungimea de undă găsită prin calcule şi cea obţinută experimental face plauzibilă ipoteză că particula oscilează pe λ/4 şi că forma ei se apropie de a unui cilindru cu generatoarea egală cu diametrul.

Catedra de Bazele Electrotehnicii

BIBLIOGRAFIE

1. Petrescu V., Luca E., şi Alăzăroaie E., Contribuţiuni la stabilirea identităţii undelor electromagnetice cu radiaţiile infraroşii; producerea celor mai scurte unde hertziene cu ajutorul emiţătorului în masă coloidal. Studii şi Cercetări de Fizică, Buc., Acad. R.P.R., 1951, T. I, 1—2, pp. 81 - 95.
2. Petrescu V., Luca E. şi Alăzăroaie E., Utilizarea emiţătorului în masă coloidal pentru producerea celor mai scurte unde electromagnetice; identitatea undelor hertziene cu radiaţiile infraroşii. Revista Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Politehnic Iaşi, 1954, T. I, 1 2, pp. 51 - 60
3. Petrescu V., Luca E. şi Alăzăroaie E., Contribuţii noi în producerea celor mai scurte unde electromagnetice cu ajutorul emiţătorului în masă coloidal Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Politehnic Iaşi, 1954, T. I, 1—2 pp. 61—70.
4. Dumanski A. V., *Coloizi*, Ed. tehnică, Buc., 1949, p. 81. (trad. din l. rusă)
5. Marian V. şi Ţiţeica R., *Fizica*, Acustica şi Căldura, Ed. Lepage, Cluj, 1947, p. 138.
6. Bédeau F., *Télégraphie et Téléphonie sans fil, Vuibert* Paris, 1931, p. 31.
7. Smirenin B. A., *Manual de radiotehnică*. EES, Buc. 1953, p. 37 (trad. din l. rusă)
8. Aseev B. P., *Bazele radiotehnicei*, EES, Buc., 1952, pp. 268, 278 (trad. din l. rusă)

ПЕРВЫЕ ВКЛАДЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИИ СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КОЛЕБАЮЩЕЙ ЧАСТИЦЫ И ДЛИНОЙ ИЗЛУЧЕННОЙ ВОЛНЫ, В ОБЛАСТИ САМЫХ КОРОТКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫХ ВОЛН

(Краткое содержание)

В целях определения механизма генерации электромагнитных волн, величины нескольких микрон, необходимо знать форму и размеры порождающей частицы.

Авторы, идя опытным путём, допускают различные формы для частиц и предполагают колебания происходящими по четверти и половине длины волны.

В случае предположения что частица цилиндрообразная и образующая равна диаметру и частица колеблется на четверть длины волны, и вычисленая длина волны, в зависимости от ёмкости и коэффициёнта самоиндукции частицы, совпадает с опытным значением.

Это наводит на предположение что допущеные форма частицы, как и вид колебаиия, правдоподобны.

PREMIÈRES CONTRIBUTIONS À L'ÉTUDE DES RELATIONS QUI INTERVIENNENT ENTRE LES CARACTERISTIQUES ÉLECTRIQUES DE LA PARTICULE GÉNÉRATRICE ET LA LONGUEUR D'ONDE EMISE PAR LES PLUS COURTES ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUES

(Résumé)

En poursuivant l'établissement du mécanisme à l'aide duquel se produisent les ondes électromagnétiques courtes de quelques microns, il est nécessaire de connaître la forme et les dimensions de la particule génératrice.

Faute des indications nous nous sommes proposés de résoudre cette question par des essais, en admetant des différentes formes pour les par-

ticules et en suppossant en même temps que l'oscillation électromagnétique se produit par quart ou demie longueur d'onde.

Si nous supposons que la particule a une forme cylindrique, ayant la génératrice égale au diamètre et que cette particule oscille par quart d'onde, la longueur d'onde, calculée au moyen de la capacité et de la self-induction de la particule, coïncide avec la longueur d'onde obtenue par voie expérimentale.

Ce fait nous a conduit à admettre que les suppositions faites par nous sur la forme de la particule et la manière d'oscillation sont plausibles.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

O METODĂ ANALITICĂ PENTRU DESENAREA MODELELOR CRISTALOGRAFICE

DE

M. ŞCHIOPU

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

Introducere. Datorită structurii reticulare a materiei care formează un cristal, feţele care limitează poliedrul cristalin sînt determinate numai prin poziţia lor relativă sau prin poziţia lor faţă de un sistem de axe cristalografice convenabil alese. Distanţa faţă de originea sistemului de axe de coordonate este indiferentă. Totuşi, în modelele cristalografice, pentru a pune în evidenţă proprietăţile de simetrie ale cristalului, feţele echivalente se consideră egal distanţate de centru.

Din punctul de vedere al orientării feţelor, deci al poziţiei în spaţiu a normalelor la feţe, proiecţia stereografică este o metodă de reprezentare foarte potrivită şi alături de ea se utilizează şi proiecţia gnomonică.

Pe lîngă aceste metode de proiecţie, în care feţele sînt reprezentate numai prin puncte, numite poli, se utilizează mult desenele cristalografice, care redau în planul figurii poliedrul cristalin tridimensional. Aceste desene trebuie să dea o imagine plastică a modelului cristalin, iar pe de altă parte să nu altereze caracterele specifice cristalografice, în special paralelismul muchiilor formate de feţele tautozonale. Din aceste motive se utilizează proiecţia paralelă şi în special cea ortogonală.

Metodele de desenare utilizate pînă acum constau în a găsi direcţiile muchiilor în planul figurii, ca apoi prin transpunerea lor paralelă şi asamblarea convenabilă să se obţină desenul modelului cristalin. In majoritatea acestor metode, direcţia muchiilor se obţine pe cale constructivă, fie plecînd de la proiecţia crucii axiale, fie de la proiecţia stereografică sau gnomonică. Problema desenării este rezolvată aici pe cale grafică. Aceste metode posedă de aceea avantajele metodelor grafice, în general, şi anume soluţionarea simplă a unor probleme de calcul complicate. Ele posedă însă şi dezavantaje necesitînd multe linii ajutătoare construcţiei şi instrumente şi materiale speciale, iar apoi odată executate lucrările de construcţie, acestea nu pot fi reutilizate sau transmise altora.

R. L. Parker [2] a elaborat o metodă analitică pentru a obţine direcţiile muchiilor în planul figurii şi care prin natura sa nu mai prezintă dezavantajele metodelor de mai sus. In această metodă, se obţine

analitic unghiul pe care-l formează proiecţia unei muchii cu axa Y din planul figurii. Aceste unghiuri sînt trasate pe foaia de desen cu ajutorul unui raportor special şi apoi muchiile obţinute sînt transportate paralel şi asamblate convenabil.

In [4], autorul a utilizat o metodă analitică pentru desenarea modelelor cristalografice, care se bazează pe obţinerea coordonatelor vîrfurilor cristalului în planul de proiecţie. Cu ajutorul acestor coordonate, se înscriu direct vîrfurile pe hîrtie milimetrică şi prin unirea lor se obţine desenul. Avantajul acestei metode constă în aceea că nu necesită nici o construcţie grafică, iar ca material auxiliar numai hîrtie milimetrică. Precizia metodei este limitată numai de aprecierea diviziunilor şi de calitatea hîrtiei milimetrice şi este deci foarte mare în comparaţie cu celelalte metode.

Principiul metodei. Fie OX, OY un sistem de axe rectangulare în planul figurii, iar (a_x, a_y), (b_x, b_y), (c_x, c_y) coordonatele capetelor pozitive ale axelor cristalografice. Dacă $[[x\,y\,z]]$ sînt coordonatele unui punct P în raport cu axele cristalografice, atunci proecţiile sale plane în raport cu sistemul de coordonate XOY sînt:

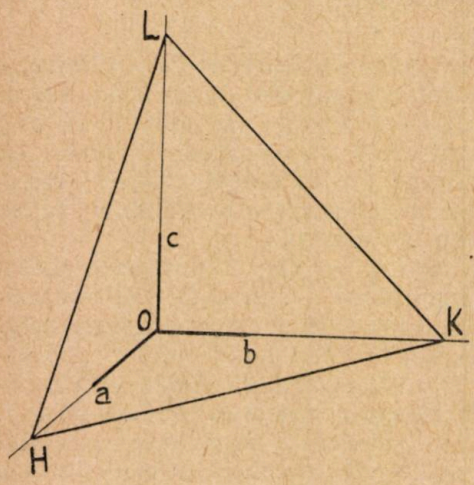


Fig. 1.

$$(1)\qquad \begin{cases} P_x = x.a_x + y.b_x + z.c_x, \\ P_y = x.a_y + y.b_y + z.c_y. \end{cases}$$

Coordonatele $[[xyz]]$ se pot obţine prin intersectarea a trei feţe care formează vîrful considerat. Să considerăm în fig. 1 o faţă HKL care intercepteză pe axele cristalografice distanţele $\alpha ma, \alpha nb$ şi αpc unde a, b, c sînt parametrii fundamentali. Ecuaţia analitică a feţei va fi:

$$(2)\qquad \frac{x}{\alpha m} + \frac{y}{\alpha n} + \frac{z}{\alpha p} = 1,$$

de oarece parametrii fundamentali se iau ca unităţi de măsură pe axele respective. Intre parametrii m, n, p şi indicii h, k, l există relaţia:

$$(3)\qquad h = \frac{f}{m},\quad k = \frac{f}{n},\quad l = \frac{f}{p},$$

unde f este un număr întreg. Dacă printr-o mişcare de translaţie, se aduce faţa HKL astfel încît să se sprijine pe unul din capetele axelor cristalografice, de exemplu pe capătul axei a, atunci parametrul $m = 1$ şi este cel mai mic. Indicele corespunzător h este cel mai mare. Din (3) urmează că $f = h$ şi deci f reprezintă indicele cel mai mare luat în valoare absolută, de oarece semnul parametrilor se transmite asupra indicilor.

De oarece $OH = m\alpha a$ obţinem

$$(4)\qquad \alpha = \frac{OH}{a},$$

adică α reprezintă raportul dintre secțiunea efectivă a feței și parametrul fundamental al axei corespunzătoare indicelui maxim f. Evident că pentru o față care atinge capătul unei axe cristalografice, cum este cazul formelor simple, $\alpha = 1$. Ecuația (2) se poate scrie atunci:

$$hx + ky + lz = \alpha f \tag{5}$$

Pentru trei fețe $(h_1\ k_1\ l_1)$, $(h_2\ k_2\ l_2)$, $(h_3\ k_3\ l_3)$ care formează vîrful P, se obține sistemul de ecuații:

$$\left\{\begin{aligned} h_1x + k_1y + l_1z &= \alpha_1 f_1, \\ h_2x + k_2y + l_2z &= \alpha_2 f_2, \\ h_3x + k_3y + l_3z &= \alpha_3 f_3. \end{aligned}\right. \tag{6}$$

Introducînd soluțiile x, y, z ale acestui sistem în ecuația (1), se obțin coordonatele P_x și P_y ale vîrfului P care poate fi astfel transpus pe hîrtie milimetrică.

Ținînd seama de simetria cristalului și aceea a fețelor, calculul este foarte mult ușurat. Pe baza elementelor de simetrie ale cristalului, se pot constitui un număr restrîns de specii de vîrfuri echivalente. Acest număr va fi cu atît mai mic cu cît simetria cristalului este mai mare. Pentru fiecare specie de vîrfuri este necesar a se calcula coordonatele numai pentru un singur vîrf. Aceste coordonate, asemenea unor indici obișnuiți, determină în proiecția stereografică un pol al vîrfului și care apoi poate fi multiplicat conform elementelor de simetrie prezente. Se obțin astfel coordonatele tuturor vîrfurilor din acea specie.

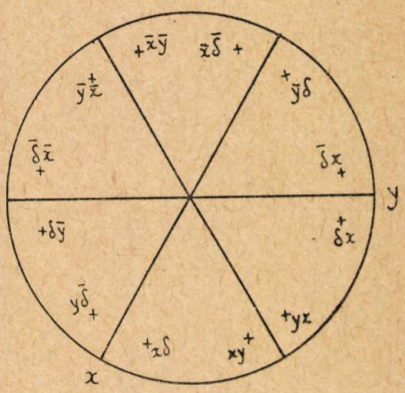


Fig. 2.

Dacă în formula de simetrie a cristalului există centru de simetrie, atunci este necesar să se calculeze numai jumătate din vîrfuri, de exemplu cele din emisfera superioară, celelalte obținîndu-se prin centrosimetrie, de oarece această proprietate se păstrează și în proiecție plană.

Pentru sistemul hexagonal și trigonal vom adopta un sistem de trei axe de coordonate, anume $x = a_1$, $y = a_2$, formînd între ele un unghi de 120°, iar $z = c$. Dintre cei patru indici $(hkil)$ se vor considera numai (hkl). Repetiția coordonatelor x și y ale unui vîrf este dată în fig. 2, unde $\delta = x - y$; coordonata z este cea obișnuită.

Aplicarea practică a metodei. Să considerăm în clasa O_h combinația de forme (100) și (110), iar fața (110) să intercepteze pe axa a_1 distanța $5a/3$ (fig. 3), deci $\alpha = s/3$. Datorită simetriei cristalului, vîrfurile sînt numai de două specii (fig. 4): specia A rezultată din intersecția fețelor (100), (110) și (101) și specia B rezultată din intersecția fețelor (110), (011) și (101). Pentru a obține coordonatele vîrfului A, vom intersecta fețele:

$(h_1k_1l_1) = (100)$ cu $\alpha_1 = 1$, $f_1 = 1$;

$(h_2k_2l_2) = (110)$ cu $\alpha_2 = 5/3$, $f_2 = 1$;

$(h_3k_3l_3) = (101)$ cu $\alpha_3 = 5/3$, $f_3 = 1$.

Ecuațiile (6) se scriu atunci :

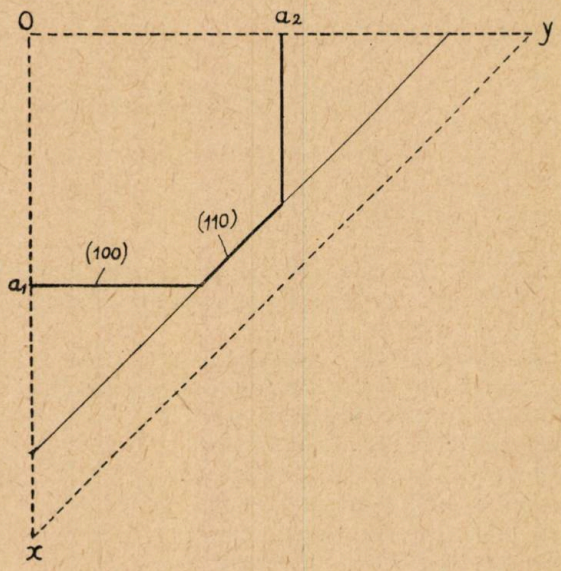


Fig 3.

$$x = 1,$$
$$x + y = 5/3,$$
$$x + z = 5/3,$$

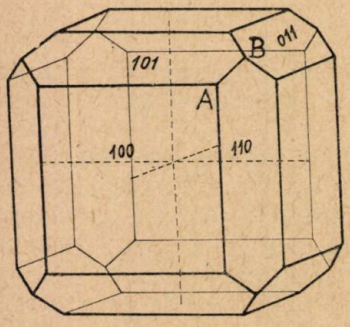


Fig. 4.

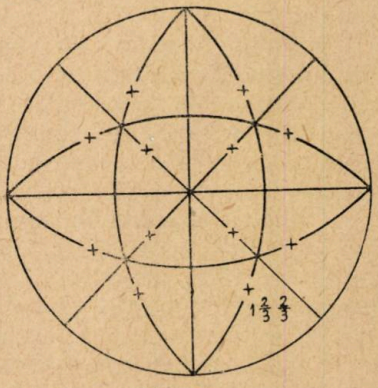


Fig. 5.

de unde se obține pentru coordonatele vîrfului A valorile $[[\,1\ \frac{2}{3}\ \frac{2}{3}\,]] = \frac{1}{3}[[322]]$.

In proiecția stereografică din fig. 5, unde sînt trasate numai planele de simetrie al clasei O_h, sînt reprezentați polii din emisfera superioară. Polii din primul octant se obțin prin permutări circulare, avînd coordonatele

$$\left[\left[1\ \frac{2}{3}\ \frac{2}{3}\right]\right],\ \left[\left[\frac{2}{3}\ 1\ \frac{2}{3}\right]\right] \text{ și } \left[\left[\frac{2}{3}\ \frac{2}{3}\ 1\right]\right].$$

Coordonatele vîrfurilor din celelalte octante ale emisferei superioare au aceleași valori absolute, iar semnul axe'or x și y se schimbă corespunzător.

Pentru a obține coordonatele P_x, P_y în planul figurii, vom considera „poziția normală", cînd pentru axele cristalografice ale sistemului cubic se obțin proecțiile (. Weber):

$$a_x = -18 \qquad a_y = -6$$
$$b_x = 54 \qquad b_y = -2$$
$$c_x = 0 \qquad c_y = 57$$

Calculul numeric se poate ordona atunci în modul următor:

	$x\ a_x$	a_x	x	a_y	$x\,.\,a_y$	
P_x	$y\,.\,b_x$	b_x	y	b_y	$y\,.\,b_y$	P_y
	$z\,.\,c_x$	c_x	z	c_y	$z\,.\,c_y$	
	−18	−18	1	−6	−6	
18	36	54	2|3	−2	−1,3	30,7
	0	0	2|3	57	+38	
	−12	−18	2|3	−6	−4	
42	54	54	1	−2	−2	32
	0	0	2|3	+57	38	

etc.

Se obțin în acest exemplu coordonatele plane: (18 ; 30,7), (42 ; 32), (24 ; 51,7), (54 ; 42,7), (66 ; 40), (48 ; 59,7), (−18 ; 45,3), (−42 ; 44), (−24 ; 62,3), (−54 ; 33,3), (−66 ; 36), (−48 ; 54,3). Vîrfurile A din emisfera inferioară se obțin ca centrosimetricele acestor puncte, de ex. (−24 ; −51,7), (−54 ; −42,7), etc.

Pentru vîrfurile de specia B, ecuațiile (6) se scriu:

$$x + y = 5/3,$$
$$y + z = 5/3,$$
$$x + z = 5/3,$$

deci coordonate'e 5/6 [[111]] și în mod analog coordonatele plane pentru ce'e 4 vîrfuri din emisfera superioară: (30 ; 40,8), (60 ; 50,9), (−30 ; 54,2) și (−60 ; 44,1).

Coordonatele plane plasate pe hîrtie milimetrică dau toate vîr-

furile cristalului, iar desenul se obţine prin unirea convenabilă a vîrfurilor.

Cristalul poate fi desenat la orice scară prin înmulţirea coordonatelor plane de mai sus cu un factor arbitrar.

Pentru sistemele hexagonal şi trigonal, să considerăm desenarea formei $(21\bar{3}2)$ din clasa C_{3i} (fig. 6). Neglijînd indicele care se referă la a_3, ecuaţiile (6) pentru vîrful A se vor scrie, ţinînd seama că $\alpha = 1$ şi $f = 2$:

$$2x + y + 2z = 2,$$
$$-x + 3y - 2z = 2,$$
$$3x - 2y - 2z = 2,$$

care dau: $x = 20/21$, $y = 16/21$ şi $z = -7/21$ şi deci $\delta = 4/21$.

Pentru cei trei poli marcaţi în proiecţia stereografică din fig. 6 se obţin atunci coordonatele:

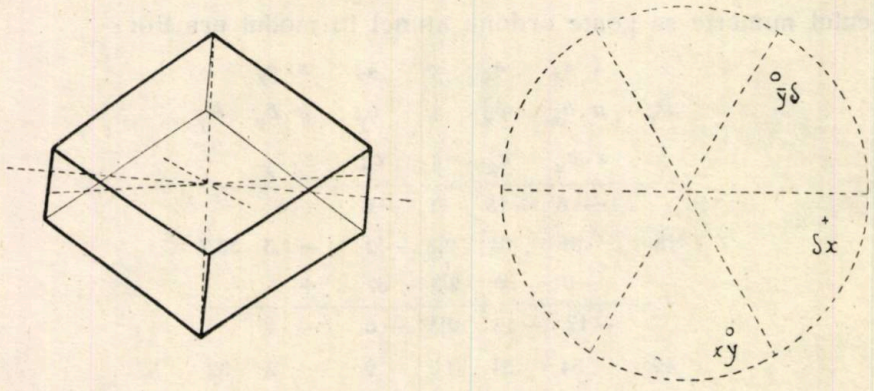


Fig. 6.

$$\frac{1}{21}\left\| 20\ 16\ \bar{7} \right\|, \quad \frac{1}{21}\left\| 4\ 20\ 7 \right\| \text{ şi } \frac{1}{21}\left\| \bar{16}\ 4\ \bar{7} \right\|.$$

Luînd pentru proiecţia axelor cristalografice ale sistemului trigonal valorile

$$a^1_x = -21\ ;\ a^1_y = -2,$$
$$a^2_x = \ \ 27\ ;\ a^2_y = -1,$$
$$c_x = \ \ 0\ ;\ c_y = \ \ 20,$$

se obţin coordonatele plane ale acestor vîrfuri: (0,6; — 9,3), (21,7; 5,3), (21,1; — 5,3), la care se adaugă centrosimetricele lor. Pentru cele două vîrfuri B nu este necesar un nou calcul, de oa ece ele reprezintă extremităţile axei c.

Concluzii. Metoda analitică descrisă poate fi aplicată cu destulă uşurinţă, ţinînd seama de simetria cristalului, folosind pentru aceasta:

proecţia stereografică şi organizînd raţional calculul numeric. In cazul modelelor cristalografice, pentru forme simple, calculul se simplifică foarte mult. Odată obţinute valorile proiecţiilor plane, acestea se pot transpune la orice scară şi folosi de mai multe ori sau se pot transmite altor persoane.

Ca material auxiliar este necesară numai hîrtie milimetrică de pe care, prin înţepare cu un vîrf ascuţit se poate transpune desenul pe orice altă foaie de desen.

Catedra de Chimie Fizică

BIBLIOGRAFIE

1. B. Gossner, *Kristallberechnung und Kristallzeichnung*, 1914, W. Engelmann, Leipzig.
3. R. L. Parker, *Kristallzeichnen*, 1929, Gebrüder Bontraeger, Berlin.
2. P, Niggli, *Lehrbuch der Mineralogie*, 1941, Gebrüder Bontraeger, Berlin.
4. M. Şchiopu, *Cristalografie geometrică*, 1948, Ed. Inst. Polit. Iaşi, (litografiat).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РИСОВАТЬ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

(Краткое содержание)

В этой работе излагается аналитический метод рисовать простые, а также и сложные кристаллографические формы.

Принцип метода приводит к вычислению плоских координат вершин кристалла, при помощи которых приводится положение вершин на лист миллиметрованной бумаги затем, соединением вершин, получается модель.

Вычисление этих координат, относительно несложно, благодаря симметрии кристаллического многограннека.

Эта симметрия позволяет классифицировать вершины кристалла небольшим количеством видов. Поэтому необходимо вычислять координаты только одной вершины какого либо вида.

Координаты $\| x, y, z \|$ одной вершины относящиеся к кристаллографическим осям получены при помощи уравнения (5) записанному для трёх плоскостей, пересечение которых дает рассматриваемую вершину.

Умножая эти координаты в соответствии с симметрией кристалла, получаются координаты всех вершин того же самого вида. При помощи уравнения (1) вычисляются наконец плоские координаты вершин P_x и P_y.

Метод имеет преимущество большой точности и конструктивной простоты; при помощи этого метода можно приводить рисунок в любом масштабе и передавать результаты вычисления.

UNE MÉTHODE ANALITIQUE POUR DESSINER LES MODÈLES CRISTALLOGRAPHIQUES

(R é s u m é)

On expose une méthode analytique pour dessiner les formes cristallographiques simples aussi bien que les formes composées. Le principe de la méthode se réduit à calculer les coordonnées planes des projecs tions des sommets du cristal à l'aide desquelles on trace la position desommets sur une feuille divisée en millimètres et en joignant les sommets on obtient le dessin.

Le calcul de ces coordonnées est relativement simple, vu la symètrie du polyèdre cristallin. Cette symétrie permet de classer les sommets d'un cristal dans un petit nombre d'espèces, donc il est nécessaire de calculer les coordonnées d'un seul sommet d'une espèce.

Les coordonnées $\| x\, y\, z \|$ d'un sommet par rapport aux axes cristallographiques sont obtenues à l'aide de l'équation (5) ecrite pour trois faces dont l'intersection est le sommet considéré. En multipliant ces coordonnées conformément à la symétrie du cristal, on obtient les coordonnées de tous les sommets d'une même espèce. À l'aide de l'équation (1) on calcule enfin les coordonnées planes P_x, P_y des sommets.

La méthode présente l'avantage d'une haute précision, d'une grande simplicité constructive, de pouvoir tracer le dessin à toute échelle, et de transmettre les résultats du calcul.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

OBŢINEREA CATALIZATORILOR CU BAZA DE VANADIU PENTRU INDUSTRIA ACIDULUI SULFURIC

DE

V. DIACONESCU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN şi ELENA CORLĂŢEANU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

Acidul sulfuric constituie unul din principalele produse ale industriei noastre chimice, acesta fiind întrebuinţat în diferitele ramuri industriale ca: industria petroliferă, industria construcţiei de maşini, în metalurgia metalelor colorate, în industria chimică, în industria uşoară (obţinerea fibrelor artificiale, albirea ţesăturilor, tăbăcirea pieilor), în industria alimentară, etc.

Avînd în vedere aceste multiple întrebuinţări, în faţa industriei chimice stă problema de a livra acid sulfuric în cantităţi din ce în ce mai mari şi la un preţ de cost cît mai scăzut.

Reacţia de oxidare a SO_2 la SO_3 are loc în prezenţa catalizatorilor care influenţează cinetica reacţiei chimice. In evoluţia industriei acidului sulfuric de contact s-au întrebuinţat drept catalizatori: platina spongioasă, oxizii de fier, de crom, de cupru, de mangan, de molibden, de wolfram, de vanadiu, etc.

Pînă la începutul secolului al XX-lea s-a întrebuinţat exclusiv platina, care însă datorită sensibilităţii mari la agenţii de otrăvire şi a preţului de cost ridicat, a fost treptat înlocuită, astăzi lucrîndu-se în majoritatea fabricilor cu catalizatori pe bază de oxizi de vanadiu.

In literatură există numeroase patente pentru obţinerea catalizatorilor de vanadiu, tehnologia fabricării lor fiind totuşi necunoscută.

Industria noastră de acid sulfuric foloseşte catalizatori cu bază de vanadiu procuraţi din import. Aceasta, alături de faptul că după epuizarea puterii active a catalizatorului rămîn cantităţi însemnate de „masă moartă" ce conţine compuşi valoroşi de vanadiu, recuperabili, ne-a determinat să studiem problema obţinerii unor catalizatori pe bază de vanadiu recuperat din „masa moartă", iar pentru suporţi materii prime indigene.

Rezolvarea acestei probleme are importanţă pentru economia noastră naţională deoarece contribuie atît la valorificarea masei moarte cît şi la scăderea preţului de cost a acidului sulfuric.

Studii amănunţite asupra mecanismului de oxidare a SO_2 la SO_3 au fost efectuate de către numeroşi cercetători sovietici ca: Amelin A. G.

[1], Boreskov G. K. şi Sokolova T. I. [2], Lesohin N. G., Traber D. G. şi Muhlenov N. P. [3], Malin K. M. [4], Petrov N. M. [5], Adadurov I. şi Lisianskaia [6], etc., care au arătat că în cazul folosirii pentoxidului de vanadiu drept catalizator, apare ca produs intermediar tetroxidul de vanadiu care se formează şi se descompune alternativ conform reacţiilor:

$$V_2O_5 + SO_2 = V_2O_4 + SO_3,$$

$$2SO_2 + O_2 + V_2O_4 = 2VOSO_4,$$

$$2VOSO_4 = V_2O_5 + SO_3 + SO_2.$$

Faţă de aceste reacţii se poate presupune că oxidarea SO_2 pe catalizatori se desfăşoară în următoarele faze:

1. Fixarea oxigenului pe suprafaţa catalizatorului (proces de adsorbţie).

2. Pătrunderea moleculelor de SO_2 în sfera de acţiune a atomilor de oxigen de pe suprafaţa catalizatorilor.

3. Regruparea atomilor corespunzătoare formării moleculelor de SO_3 pe suprafaţa catalizatorului.

4. Punerea în libertate a moleculelor de SO_3.

Luînd ca bază aceste presupuneri şi ecuaţia generală a lui Temkin M. I. [7] pentru vitezele de reacţie pe suprafeţele neuniforme din punct de vedere a activităţii catalitice, Boreskov G. K. a stabilit forma ecuaţiei cinetice din care rezultă care din cele patru etape determină în fond viteza procesului de oxidare a SO_2.

Pe baza analizei rezultatelor experimentale, Boreskov G. K. [8] a stabilit că etapa ce determină viteza procesului este aceea de legare a SO_2 cu atomii de oxigen ce se găsesc pe suprafaţa catalizatorului Ecuaţia cinetică de oxidare a SO_2 la SO_3 are următoarea formă:

$$(1) \qquad \frac{dC_{SO_3}}{d\tau} = k_1 \frac{C_{SO_2} \cdot C_{O2}^{0,25}}{C_{SO_3}^{0,5}} - k_2 \frac{C_{SO_3}^{0,5}}{C_{O_2}^{0,25}}.$$

Raportul între constanta reacţiei directe k_1 şi constanta reacţiei inverse k_2 dă constanta de echilibru K, ecuaţia (1) devenind:

$$(2) \qquad \frac{dC_{SO_3}}{d\tau} = k_1 \cdot \frac{C_{SO2} \cdot C_{O_2}^{0,25}}{C_{SO_3}^{0,5}} \left(1 - \frac{C_{SO_3}}{KC_{O_2} \cdot C_{O_2}^{0,5}}\right).$$

Dacă notăm prin x gradul de transformare în momentul τ, prin a conţinutul iniţial în SO_2 şi prin b conţinutul iniţial de oxigen şi neglijăm variaţia de volum în proces (ceea ce este posibil pentru conţinuturi de SO_2 mai mici de 10%), atunci conţinutul componenţilor în momentul τ este dat de relaţiile:

$$(3) \qquad \begin{cases} C_{SO_2} = a \cdot (1 - x), \\ C_{SO_3} = a \cdot x, \\ C_{O_2} = b - \dfrac{a \cdot x}{2} \end{cases}$$

şi ecuaţia (2) capătă forma:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_1}{K} \cdot \left(\frac{1-x}{a\,b\,y}\right)^{0,5} \cdot (K\,b - y), \tag{4}$$

în care k_1 este constanta vitezei de reacție directă; K — constanta de echilibru și

$$y = \frac{x}{(1-x)\left(1 - \frac{a}{2\,b\,x}\right)^{0,5}}.$$

Ecuația lui Boreskov G. K. cuprinde cinetica formării și descompunerii SO_3 cu ajutorul unei constante a vitezei de reacție.

Prin studiul vitezei de oxidare a SO_2 la temperaturi cuprinse între 525° și 700° C, s-a stabilit o formulă sumară care exprimă viteza în apropierea stării de echilibru. In această formulă valoarea conținutului în SO_2 a fost înlocuită prin diferența între conținutul inițial și conținutul considerat la starea de echilibru,

$$-\frac{dC_{SO_3}}{d\tau} = \frac{dC_{SO_3}}{d\tau} = k_1 \cdot \frac{C_{SO_2} - C'_{SO_2}}{\sqrt{C_{SO_3}}}, \tag{5}$$

unde C'_{SO_2} este conținutul de SO_2 în starea de echilibru la o temperatură dată și compoziția amestecului gazos la ieșire. In acest caz C'_{SO_2} se poate exprima prin relația:

$$C'_{SO_2} = a\,(1 - x_E), \tag{6}$$

în care x_E este gradul de transformare la echilibru.

Inlocuind valorile din relațiile (3) și (6) în ecuația (5), obținem

$$\frac{dx}{d\tau} = k\,\frac{x_E - x}{a\,x}. \tag{7}$$

In cazul procesului izoterm valorile lui k și x_E sînt constante și ecuația (7) se poate integra sub forma:

$$\sqrt{x_E} \cdot \ln \frac{\sqrt{x_E} + \sqrt{x}}{\sqrt{x_E} - \sqrt{x}} - 2\sqrt{x} = \frac{k}{\sqrt{a}} \cdot \tau + C. \tag{8}$$

Ținînd seama de faptul că pentru $\tau = 0$, $x = 0$, găsim că valoarea constantei de integrare este zero, iar ecuația (8) ne dă:

$$k = \frac{\sqrt{a}}{\tau} \cdot \left(\sqrt{x_E} \cdot 2{,}303 \cdot \log \frac{\sqrt{x_E} + \sqrt{x}}{\sqrt{x_E} - \sqrt{x}} - 2\sqrt{x}\right). \tag{9}$$

Valoarea lui x_E se calculează cu ajutorul relației:

$$x_E = \frac{K}{K + \sqrt{\frac{100 - 0{,}5\,a x_E}{P(b - 0{,}5\,a x_E)}}}, \tag{10}$$

în care k este constanta de echilibru a reacției și P — presiunea totală în atmosfere (ata).

Ecuaţia (9) poate folosi la calcularea constantei vitezei de reacţie pe bază de date experimentale.

Obţinerea masei de contact. Conform teoriei adsorbţiei, moleculele componenţilor sînt absorbite de către catalizator, mecanismul acţiunii catalitice reducîndu-se astfel la acţiunea forţelor specifice pe suprafaţa de separare a fazelor, ceea ce impune ca suportul agentului de cataliză să posede o suprafaţă cît mai mare, mărimea porilor trebuind să depăşească mărimea diametrelor moleculelor componenţilor ce intră în reacţie.

In acest scop se întrebuinţează pentru prepararea suportului, piatră ponce, precum şi alte materiale artificiale cu bază de SiO_2, care pentru micşorarea contracţiilor necesită şi adausuri de Al_2O_3.

In urma a numeroase încercări am obţinut suporţi corespunzători în modul următor.

Din silicat de sodiu tehnic se prepară o soluţie apoasă cu greutatea specifcă 1,195 (la 20°C) ceea ce corespunde la un conţinut de 10% SiO_2. Din soluţia filtrată se iau 1000 cc care se amestecă cu 16 g floare de sulf şi 45 g praf rezultat din roaderea suportului. Materialul rezultat prin roadere reprezintă cca 15% faţă de cantitatea de suporţi gata şi este reîntrodus cantitativ în circuit. Peste amestecul rezultat se adaugă 1000 cc soluţie sulfat de aluminiu ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$) de 15% concentraţie, care în prealabil a fost filtrată.

Datorită acidităţii sulfatului de aluminiu are loc precipitarea bioxidului de siliciu hidratat, iar pentru precipitarea hidroxidului de aluminiu amestecul se neutralizează cu H_2SO_4 diluat pînă la obţinerea unui pH=7 — 7,2.

Masa astfel obţinută se lasă în repaos timp de 24 ore, după care se filtrează la vid pînă la obţinerea unei consistenţe în jur de 20%.

Precipitatul rezultat de la filtrare se omogenizează rin mojarare, după care este supus uscării lente la temperatura de 100°C pînă la obţinerea unei consistenţe de 45 -50%. De remarcat aci că procesul de uscare trebuie condus astfel încît umiditatea să fie uniform repartizată în întreaga masă, lucru care se obţine prin continua amestecare a materialului. De asemenea menţionăm că limitele consistenţei amintite mai sus constituie un factor hotărîtor în rezistenţa suportului finit.

Materialul astfel obţinut este tras în bastonaşe prin presare în dispozitivul de forma şi dimensiunile din fig. 1.

Bastonaşele obţinute se usucă la temperatura de 100°C timp de 24 ore, după care sînt fragmentate la dimensiunile utile şi calcinate la 725°C timp de 3 ore.

Prin calcinare cantitatea de sulf existentă în material este arsă, creind astfel capilare care favorizează procesul de cataliză.

Deoarece prin operaţia de tragere în bastonaşe şi fragmentarea acestora, suportul rezultat prezintă o peliculă mai puţin poroasă, precum şi muchii, este necesară îndepărtarea acestora.

Aceasta s-a realizat prin agitarea suporţilor într-un vas închis supus rostogolirii.

In cazul nostru a fost folosit un agitator mecanic pentru flacoane, la o turaţie de 50 rot./minut, timp de 1,5 ore, volumul ocupat de suporţi fiind 1 : 10 din volumul total al flaconului în care se execută agitarea.

Praful rezultat prin roadere este separat prin cernere şi adăugat cantitativ, după cum s-a arătat mai sus, la o nouă precipitare.

Suporţii astfel preparaţi au următoarele caracteristici:

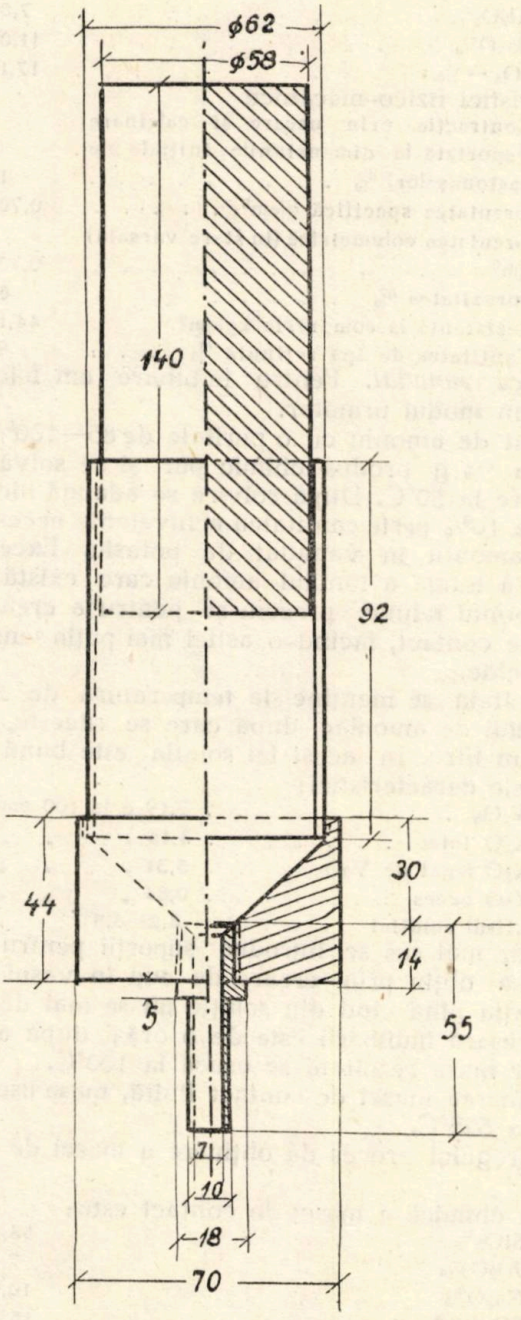


Fig. 1

a. Compoziţia chimică

SiO_2%	63,91
Al_2O_3%	7,82
Na_2O%	11,09
SO_4^{--}%	17,18

b. Caracteristici fizico-mecanice

Contracţia prin uscare şi calcinare (raportată la dimensiunile iniţiale ale bastonaşelor) %	10
Greutatea specifică g/cm³	0,700
Greutatea volumetrică (în stare vărsată) t/m³	0,435
Porozitatea %	60
Rezistenţa la compresie kg/cm²	44,10
Cantitatea de apă reţinută %	90

Imbibarea cu vanadat. Pentru îmbibare am folosit vanadatul de potasiu pregătit în modul următor.

Din vanadat de amoniu cu o puritate de 85—100% se ia cantitatea ce corespunde la 94 g produs chimic pur şi se solvă într-un litru de apă, prin încălzire la 50°C. După solvire se adaugă hidroxid de potasiu într-un exces de 10% peste cantitatea echivalentă necesară transformării vanadatului de amoniu în vanadat de potasiu. Excesul este necesar pentru dislocuirea totală a ionului amoniu care există ca impuritate în vanadatul de amoniu tehnic, precum şi pentru a crea o uşoară alcalinitate a masei de contact, făcînd-o astfel mai puţin sensibilă la acţiunea unei atmosferi acide.

Soluţia rezultată se menţine la temperatura de 50 60°C pînă la dispariţia mirosului de amoniac, după care se răceşte, se filtrează şi se completează la un litru. In acest fel soluţia este bună pentru îmbibare şi are următoarele caracteristici:

V_2O_5	7,19 g la 100 cm³
K_2O total	4,15 „ „ „
K_2O legat de V_2O_5	3,31 „ „ „
K_2O exces	0,84 „ „ „
pH-ul soluţiei	8,2—8,5

In soluţia de mai sus se introduc suporţii pentru îmbibare. Rezultate mai bune se obţin prin creare de vid în vasul de îmbibare, repetîndu-se operaţia pînă cînd din soluţie nu se mai degajă bule de aer.

Durata necesară îmbibării este de o oră; după aceasta se decantează soluţia, iar masa rezultată se usucă la 100°C.

Pentru obţinerea masei de contact finită, masa uscată este calcinată timp de 2 ore la 525°C.

Schema întregului proces de obţinere a masei de contact este dată în fig. 2.

Compoziţia chimică a masei de contact este:

SiO_2%	58,10
Al_2O_3%	7,16
Na_2O%	10,01
SO_4^{--}%	15,62
K_2O%	3,19
V_2O_5%	5,92

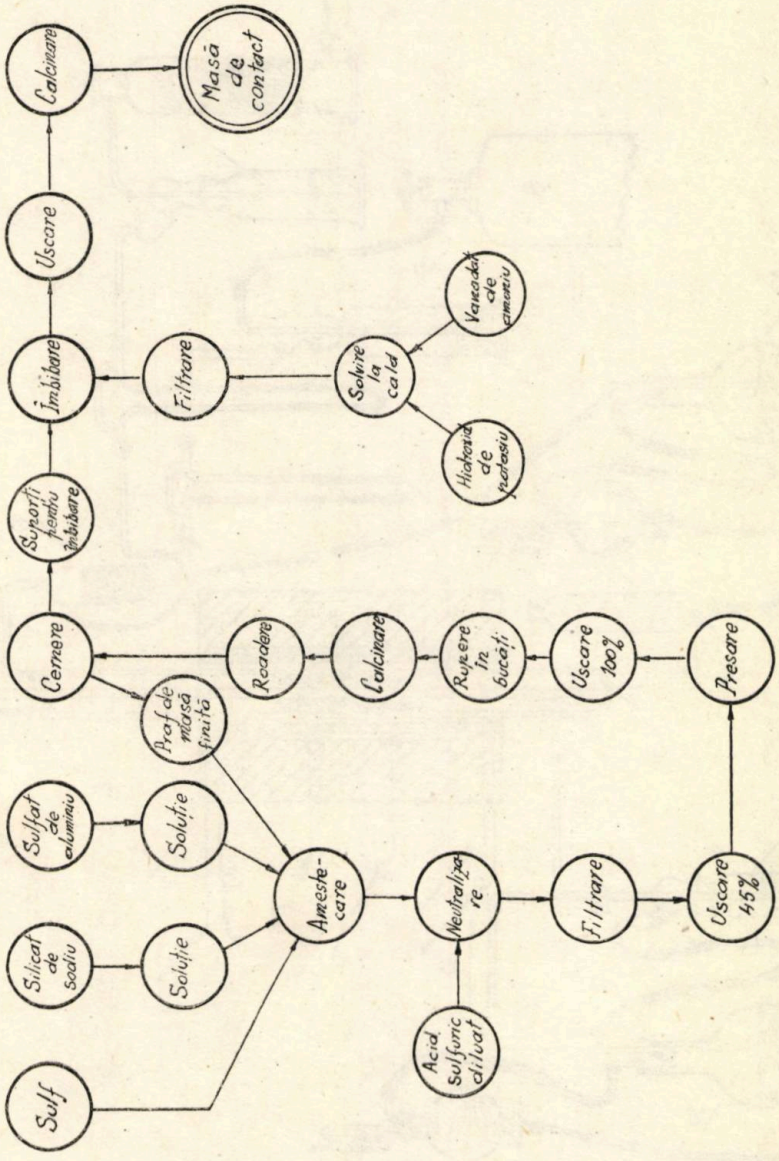


Fig. 2.
Schema tehnologică a fabricării catalizatorilor cu bază de vanadiu.

Determinarea puterii active. Puterea activă a masei s-a determinat într-o instalaţie de laborator standard, conform normelor sovietice [9].

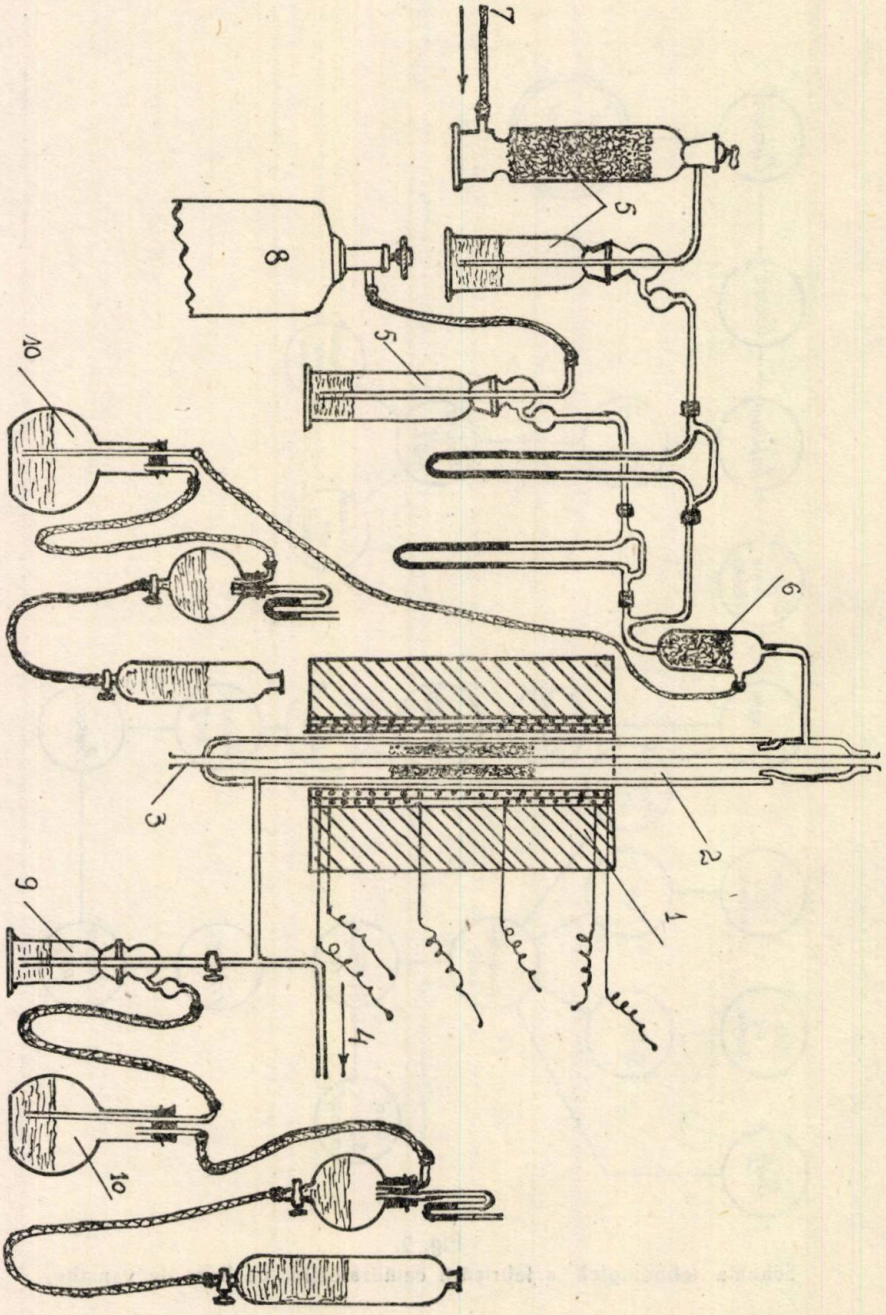


Fig. 3.

1 — sobă electrică; 2 — tub de cataliză; 3 — tub pentru termometru; 4 — evacuare; 5 — vase uscătoare; 6 — amestecător; 7 — intrare acid; 8 — butelie SO_2; 9 — absorbitor SO_3; 10 — analizor de gaz.

Schema acestei instalaţii este reprezentată în fig. 3.

Tubul de cataliză utilizat a avut diametrul interior de 32 mm; în acesta s-a introdus concentric un tub de 10,4 mm diametru exterior,

Tabelul 1

Activitatea catalizatorului pentru condițiile $a=5$, $b=19,95$ și $\tau=5,795$

Temperatura °C	SO_2 % la intrare	SO_2 % la ieșire	$x.100$	$x_E.100$
435	5	0.1440	97,33	99,57
440	5	0,1300	97,59	99,53
445	5	0,1230	97,72	99,48
450	5	0,1195	97,80	99,41
455	5	0,1180	97,91	99,35
460	5	0,1235	97,68	99,28
465	5	0,1350	97,49	99,23
470	5	0,1500	97,22	99,11
475	5	0,1700	96,84	99,02
480	5	0,1930	96,41	98,93
485	5	0,2215	95,88	98,81
490	5	0,2580	95,16	98,69
495	5	0,3020	94,38	98,56

folosit pentru montarea termometrului. Masa de contact, din bucăți cu diametru de 6,2 și lungime de 5—8 mm, s-a încărcat într-un strat de

Tabelul 2

Activitatea catalizatorului pentru condițiile $a=7$; $b=19,52$, și $\tau=5,795$

Temperatura °C	SO_2 % la intrare	SO_2 % la ieșire	$x.100$	$x_E.100$
435	7	0,2800	96,40	99,54
440	7	0,2366	96,96	99,49
445	7	0,2065	97,27	99,43
450	7	0,1904	97,55	99,37
455	7	0,1834	97,64	99,30
460	7	0,1855	97,62	99,21
465	7	0,1925	97,54	99,14
470	7	0,2030	97,39	99,05
475	7	0,2240	97,12	98,94
480	7	0,2464	96,83	98,84
485	7	0,2940	96,22	98,72
490	7	0,3395	95,68	98,59
495	7	0,3990	95,01	98,45
500	7	0,4739	93,89	98,30
505	7	0,5894	92,39	98,11

70 mm înălțime, ocupînd astfel un volum de 50,32 cm^3, secțiunea de trecere a gazului fiind 7,18 cm^2. Pentru măsurarea temperaturilor s-a

folosit un termometru cu mercur (0 - 510°C) de fabricaţie sovietică, cf. GOST 2045—43.

Tabelul 3

Activitatea catalizatorului pentru condiţiile $a=9$, $b=19{,}11$ şi $\tau=5{,}795$

Temperatura °C	SO_2 % la intrare	SO_2 % la ieşire	$x \cdot 100$	$x_E \cdot 100$
440	9	0,5073	95,08	99,47
445	9	0,4361	95,92	99,41
450	9	0,3853	96,26	99.35
455	9	0,3479	96,57	99,27
460	9	0,3293	96,81	99,20
465	9	0,3337	97,17	99,11
470	9	0,3471	96,65	99,01
475	9	0,3604	96,52	98,91
480	9	0,3755	96.36	98,79
485	9	0,3880	96,25	98,67
490	9	0,4174	95,95	98,54
495	9	0.4734	95,42	98,39
500	9	0,5215	94,88	98,24

Tabelul 4

Activitatea catalizatorului pentru condiţiile $a=7$, $b=19{,}52$ şi $\tau=9{,}215$

Temperatura °C	SO_2 % la intrare	SO_2 % la ieşire	$x \cdot 100$	$x_E \cdot 100$
435	7	0,3535	95,45	99,54
440	7	0,2961	96,19	99,49
445	7	0,2688	96,45	99,43
450	7	0,2548	96,73	99,37
455	7	0,2492	96,87	99,30
460	7	0,2527	96,75	99,21
465	7	0,2744	96.47	99,14
470	7	0,3122	95,95	99,05
475	7	0,3640	94,14	98,94
480	7	0,4200	94,59	98,84
485	7	0,4795	93,82	98,72
490	7	0,5467	92,95	98,59
495	7	0,6195	92,00	98,45
500	7	0,7070	90,81	98,30
505	7	0,8603	88,85	98,11

Amestecul gazos s-a obţinut prin amestecarea bioxidului de sulf cu aer în concentraţii de 5,7 şi 9% bioxid de sulf. De asemenea s-au utilizat durate de contact diferite şi anume: 4,200; 5,795; 9,215 secunde.

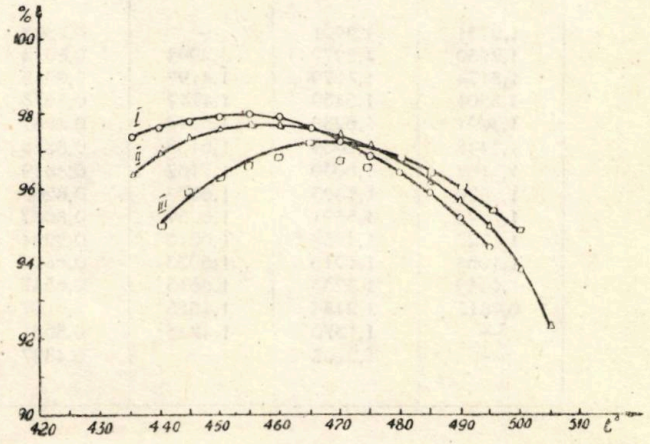
Pentru determinarea conținutului de bioxid de sulf în gaze, atît înainte cît și după cataliză, s-a folosit metoda iodometrică cu aparatul Vl. Prjisoupil și K. Panus [10].

Tabelul 5

Activitatea catalizatorului pentru condițiile $a=7$; $b=19{,}52$ și $\tau=4{,}200$

Temperatura °C	SO_2 % la intrare	SO_2 % la ieșire	$x.100$	$x_E.100$
455	7	0,3754	95,17	99,30
460	7	0,3500	95,50	99,21
465	7	0,3395	95,63	99,14
470	7	0,3409	95,53	99,05
475	7	0,3465	95,47	98,94
480	7	0,3605	95,36	98,84
485	7	0,3780	95,13	98,72
490	7	0,4067	94,84	98,59
495	7	0,4473	94,24	98,45
500	7	0,5124	93,49	98,30

Rezultatele determinărilor experimentale sînt date în tabelele 1—5 și reprezentate în graficele 1 și 2.

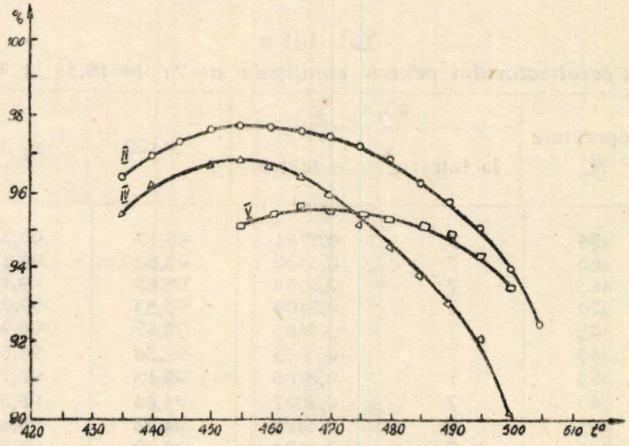


Graficul I.

Calculul randamentului catalizei [10] s-a făcut ținîndu-se seamă de contracția volumului gazelor ce intră în reacție folosind formula:

$$x.100 = \frac{20000\,(a - C'_{SO_2})}{a\,.\,(200 - 3C'_{SO_2})} \tag{11}$$

Introducînd valorile gradului de transformare în formula (9) s-a calculat constanta vitezei de reacţie (k) pentru fiecare din tabelele de mai sus, şi ale cărei valori sînt date în tabelul 6.



Graficul II.

Tabelul 6

Temperatura °C	$a=5$ $\tau=5{,}795$	$a=7$ $\tau=5{,}795$	$a=9$ $\tau=5{,}795$	$a=7$ $\tau=9{,}215$	$a=7$ $\tau=4{,}200$
435	1,2251	1,3001	—	0,7503	—
440	1,2730	1,3970	1,2994	0,8014	—
445	1,3174	1,4679	1,4197	0,8345	—
450	1,3501	1,5439	1,4787	0,8673	—
455	1,3891	1,6238	1,5393	0,8887	1,6221
460	1,3448	1,6039	1,6133	0,8878	1,6781
465	1,3167	1,6030	1,7137	0,8619	1,7205
470	1,2870	1,5803	1,6673	0,8267	1,7171
475	1,2095	1,5391	1,6059	0,8087	1,7226
480	1,1727	1,4960	1,6046	0,7294	1,7209
485	1,1064	1,4015	1,5953	0,6873	1,7031
490	1,0449	1,3233	1,5613	0,6547	1,6769
495	0,9817	1,2484	1,4556	0,6107	1,5958
500	—	1,1370	1,4225	0,5631	1,5190
505	—	1,0208	—	0,4827	—

Concluzii.

1. Gradul de transformare atins, în condiţii analoage celor industriale ($SO_2=7\%$ şi $\tau=5{,}795$ sec.) este de 97,91% (98%), faţă de 98,25% citat în literatură ca valoare maximă atinsă cu catalizatorii de vanadiu.

2. Rezistenţa mecanică a catalizatorilor obţinuţi de noi depăşeşte cu 68% pe aceea a celor de import, ceea ce asigură o comportare bună în exploatare faţă de eroziunea gazelor.

3. Gradul maxim de transformare în cataliză fiind cuprins într-un domeniu larg de temperaturi (445 – 460°C), permite utilizarea practică a catalizatorilor în bune condiţiuni.

4. Rezultatele maxime de cataliză se obţin la o concentraţie de 7% SO_2, aceasta fiind concentraţia normală a gazelor rezultate de la prăjirea piritelor în sobe mecanice.

5 Durata de contact este cuprinsă în limitele de funcţionare ale tipurilor de catalizator cu vanadiu întrebuinţaţi în industria de acid sulfuric.

Pe baza acestor rezultate credem că produsul obţinut de noi satisface cerinţele impuse de tehnologia acidului sulfuric şi va înlocui în bune condiţiuni produsele de import.

Catedra de Celuloză şi Hîrtie

BIBLIOGRAFIE

1. Амелин А. Г., Абсорбция серного ангидрида серной кислотой, ЖХП. No. 9, 1945.
2. Боресков Г. К., Соколова Т. И., Кинетика контактного окисления сернистого газа на окиси железа, ЖФХ, Т. XVIII, 1944, стр. 87.
3. Лесохин Н. Г., Грабер Д. Г. и Мухленов Н. П., Влияние сульфатов железа на ванадиевый катализатор в производстве серной кислоты, ЖПХ, No. 23, 1950, стр. 345.
4. Малин К. М., Технология серной кислоты и серы, II, ОНТИ НКТП, 1937.
5. Петров Н. М., Окисление сернистого газа в аппаратах с внутренним теплообменом, ЖХП, No. 6, 1947, стр. 166.
6. Ададуров И. Е., Ванадинстаноэеолиты, ЖХП, No. 3, 1930, стр. 833—842.
7. Темкин М. П., ЖФХ, Т. XV, 1941, стр. 296.
8. Боресков Г. К., Кинетика контактного сернокислотного процесса ЖФХ, Т. XIX 1945, стр. 535.
9. — Справочник сернокислотчика, Госхимиздат, Москва 1952.
10. Prjisoupil Vl. şi Panus K., Cercetarea influenţei catalizatorilor la fabricarea acidului sulfuric prin metoda contactului, Rev. Chimie ASIT, Nr. 11, 1951

ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВАНАДИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИТЛОТЫ

(Краткое содержание)

В настоящей работе авторы изучают вопрос получения контактной массы на основе ванадия для окисления SO_2 в SO_3 в производстве контактной серной кислоты.

Сырьём служат отечественные материалы, из которых приготовляют носители с физико-механическими показателями, превышающими показатели носителей, используемых в производстве.

Носители насыщаются ванадатом калия, полученным путём регенерирования ванадиевых соединений из мёртвой массы.

Степень превращения в лабораторных условиях — 98% в пределах температур 445—460°С.

Максимальные значения катализа получаются при концентрации 7% SO_2—обычной для сернистого газа, полученного при обжиге серного колчедана в механических печах.

Время контакта находится в пределах обслуживания разных типов ванадиевых катализаторов, используемых в производстве серной кислоты.

L'OBTENTION DES CATALYSEUÉS AU VANADIUM DESTINÉES À L'INDUSTRIE DE L'ACIDE SULFURIQUE

(R é s u m é)

Dans le present travail, les Auteurs s'occupent du problème de l'obtention d'une masse de contact au vanadium, employée à l'oxidation du SO_2 à SO_3 dans l'industrie de l'acide sulfurique de contact. Dans ce but les Auteurs, en employant des matières premières indigènes, preparent des supports ayant des caractéristiques physico-mécaniques, depassant celles des supports employés dans l'industrie.

On imbibe les supports choisis avec du vanadate de potassium préparé a partir des composés de vanadium reccupérés de la masse morte (usée) du catalysateur employé.

Le degré de transformation obtenu dans des essais faits au laboratoire a été de 98% à la température de 445 – 460°C. Les rendements optimes de catalyse s'obtiennent à une concentration en SO_2 de 7%, c'est à dire la concentration courante en SO_2 des gaz résultés lors du grillage des pyrithes dans les fours mécaniques. La durée de contact est comprise entre les limites du fonctionnement des types de catalyseurs au vanadium, employés dans l'industrie de l'acide sulfurique.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

INFLUENŢA DISTANŢEI DINTRE ELECTROZI ASUPRA PROCESULUI DE ELECTROLIZA A CLORUREI DE SODIU CU CATODA DE MERCUR

DE

C. CALISTRU, AUREL POPOVICI şi CORNELIA LEONTE

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

In celula cu mercur industrială, orizontală sau verticală, electroliza colorurei de sodiu se efectuează între anozii de grafit şi un catod mobil de mercur. Intrucît tensiunea celulei este influenţată într-o măsură destul de mare de către pierderea tensiunii prin electrolit se tinde, pentru micşorarea acesteia din urmă, la o apropiere cît mai mare între electrozi. Micşorarea distanţei dintre electrozi determină însă, odată cu scăderea pierderii de tensiune din electrolit şi scăderea randamentului de curent.

Incă de mult Glaser [1] şi apoi Le Blanc şi Cantiani [2][1]) au indicat acţiunea de depolarizare a clorului solvit asupra amalgamului ca una din cauzele pierderilor de curent în electroliza clorurei de sodiu cu catodă de mercur. Există de asemenea indicaţii, confirmate de practică, că această acţiune a clorului, legată de pierderi de curent, este mai puternică la o distanţă dintre electrozi de numai cîţiva milimetri [3].

T. S. Filipov şi N. N. Drozin [4] într-un studiu asupra acţiunii produselor oxidante ale electrolizei asupra randamentului de curent demonstrează că „pierderile principale de curent din timpul electrolizei sînt legate nu de degajarea hidrogenului, ci de procesele de depolarizare ce au loc pe catodul de mercur". Ei execută probele experimentale cu o saramură saturată căreia i se adaugă clor, hipoclorit, clor şi hipoclorit menţinînd constantă distanţa între electrozi. Datele existente asupra sensului şi mărimii influenţei altor factori asupra randamentului de curent se referă de asemenea la lucrări experimentale efectuate la o anumită distanţă dintre electrozi, cu sau fără înlăturarea produselor oxidante formate în timpul electrolizei. Taussig şi Egner [5] şi apoi mai complet V. V. Stender, M. M. Stroganov şi P. B. Jivotinski [5] studiază influenţa concentraţiei amalgamului, a vitezei de circulaţie a electrolitului, a temperaturii şi a densităţii de curent asupra randamentului. L. N. Seludiakov, L. A.

1) Lucrările lui Glaser, Le Blanc şi Cantiani inserate în Ztschr. Elektrochem. t. 8, p. 522, 1902 şi t. 11, p. 601, 1905, nu ne-au fost accesibile.

Saltovskaia şi V. V. Stender [5] se ocupă de influenţa, într-un interval mai larg, a concentraţiei amalgamului, a densităţii de curent şi a temperaturii. Nu s-a efectuat însă pînă în prezent, după cît cunoaştem noi, lucrări referitoare la influenţa factorilor menţionaţi asupra randamentului de curent la variaţia distanţei dintre electrozi, cît şi la distanţe mici, la care acţiunea clorului solvit este mai puternică. Alături de indicaţiile şi datele din practica celulelor cu mercur industriale credem că datele obţinute prin studiul randamentului de curent la variaţia distanţei între electrozi şi la distanţe mici poate contribui la rezolvarea problemelor legate de micşorarea tensiunii celulei, de creşterea densităţii de curent.

In lucrarea de faţă se cercetează experimental, în condiţii de laborator, influenţa temperaturii, a densităţii de curent, a concentraţiei şi a vitezei de circulaţie a electrolitului, fără înlăturarea produselor oxidante, formate în timpul electrolizei, asupra randamentului de curent, respectiv de energie, la variaţia distanţei dintre electrozi şi la distanţe mici între ei.

Partea experimentală

Probele s-au efectuat în instalaţia din figura 1.

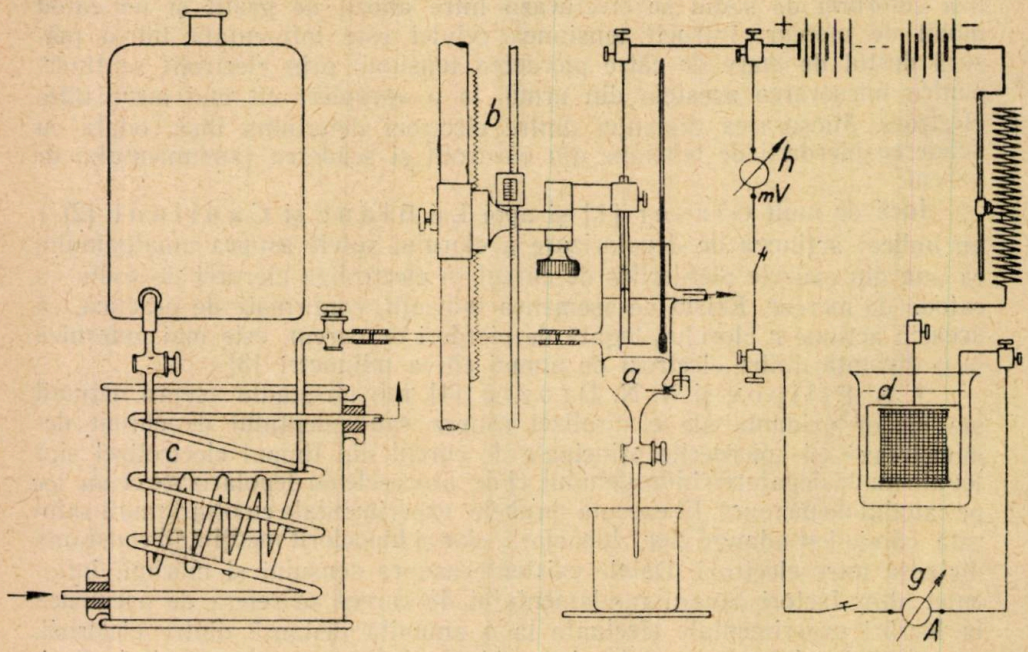


Fig. 1.

Vasul de electroliză (a) avea un diametru de 4,38 cm, iar distanţa dintre tubul de intrare şi ieşire a saramurei era de 4,46 cm. Volumul mercurului introdus în vasul de electroliză, acelaşi pentru fiecare determinare şi anume 25 cm^3 la 20°C, s-a măsurat cu un picnometru. In prealabil, mercurul era distilat şi purificat cu grijă în instalaţii anexe. Anoda

folosită era o placă de platină cu suprafața de 2,42 cm^2. Distanța dintre electrozi s-a măsurat exact cu ajutorul dispozitivului (b). Pentru prepararea saramurei s-a folosit clorură de sodiu chimic pură și recristalizată. Temperatura electrolitului s-a menținut constantă cu ajutorul termostatului (c) și a instalației auxiliare indicată în parte în figură. Cantitatea de curent trecută prin vasul de electroliză s-a măsurat cu coulombmetrul de cupru (d). Concentrația finală a amalgamului s-a menținut în toate probele, pe cît posibil, constantă folosindu-se un curent de intensitatea necesară, măsurată cu ampermetrul sensibil (g). Tensiunea la bornele vasului de electroliză se măsura la intervale regulate cu voltmetrul (h). Pentru calculul randamentului de curent se determina sodiul din întreaga cantitate de amalgam cu o soluție decinormală de acid clorhidric și retitrarea excesului cu o soluție decinormală de hidroxid de sodiu. In condițiile de electroliză date nu se putea măsura și cantitatea de hidrogen degajată.

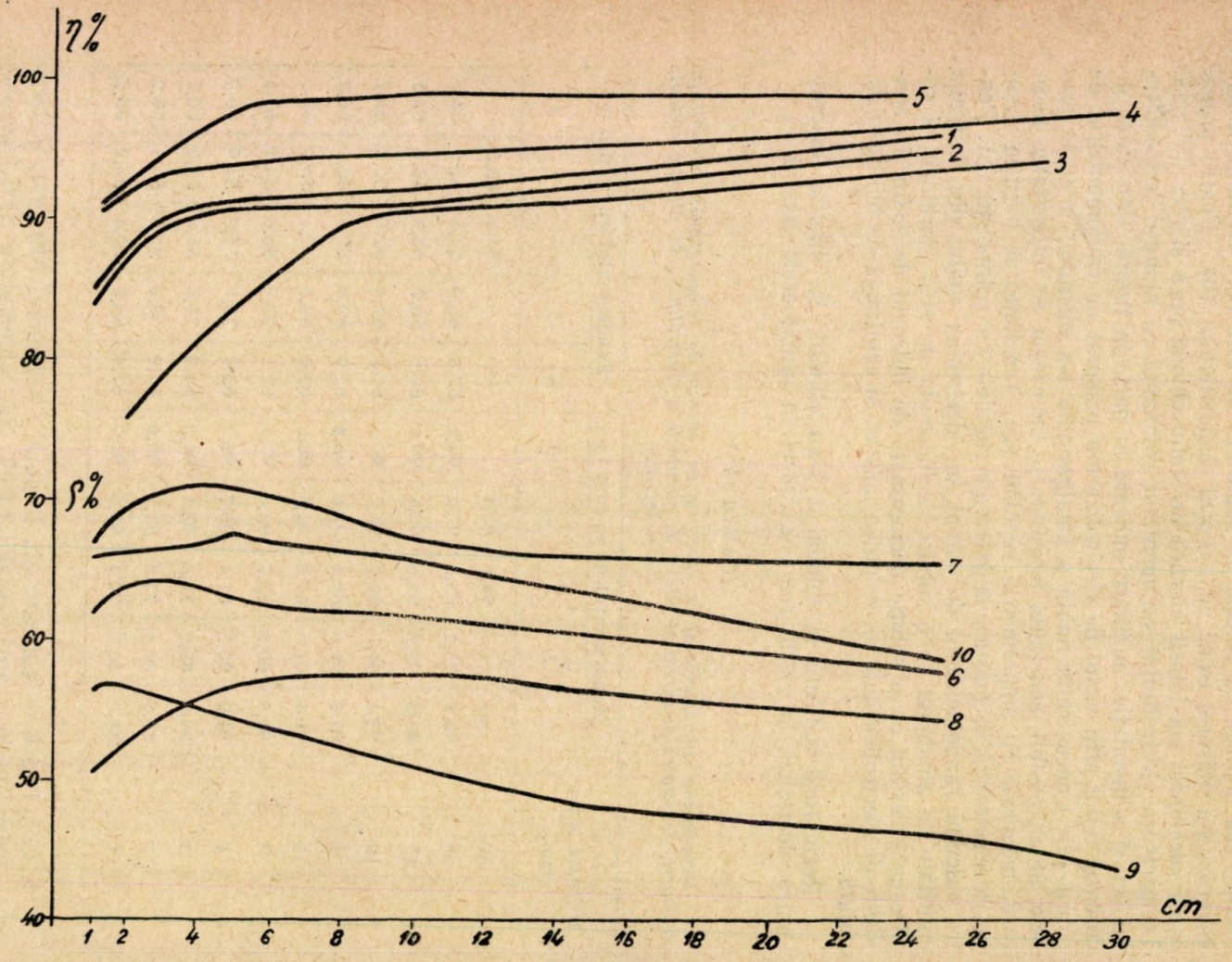
Rezultatele indicate în tabloul 1 s-au obținut, la diferite distanțe dintre electrolizi, la efectuarea electrolizei în următoarele condiții :

Tabloul 1

Dependența randamentului de curent și de energie de temperatură, concentrația saramurei, densitatea de curent și viteza de circulație a electrolitului la diferite distanțe între electrozi.

Distanța mm.	Randamentul de curent %					Randamentul energetic %				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	—	—	94,6	98,1	—	—	—	53,4	43,5	—
25	96,4	95,2	93,6	97,2	99,2	57,8	65,9	54,5	45,1	58,5
15	93,5	92,5	91,6	95,4	99,1	60,5	66,0	56,5	48,0	63,5
10	92,1	91,1	90,7	94,7	99,1	61,7	67,4	57,5	50,8	65,7
8	92,0	91,0	89,4	94,6	98,8	62,0	69,0	57,5	52,1	66,2
7	91,8	91,0	87,8	94,5	98,6	62,0	69,8	57,4	53,0	66,5
5	91,5	90,8	83,7	94,0	97,7	62,1	70,9	56.6	54,1	67,5
4	91,0	90,3	81,4	93,7	96,2	63,7	71,1	55,6	54,9	66,9
3	89,9	89,2	78,6	93,1	94,5	64,2	70,5	54,4	55,6	66,5
2	86,5	86,5	75,5	91,9	92,6	64,0	69,4	52,6	56,5	66,2
1	85,0	83,9	72,1	90,5	91,0	61,9	66,8	50,4	56,2	65,7

1. Col. 1 și 6 — concentrația inițială a saramurei 310 gr/l, concentrația finală a amalgamului 0,04% Na, temperatura 20°C, densitatea de curent catodică 670 A/m^2, fără circulația electrolitului și fără agitarea mercurului.
2. Col. 2 și 7 — temperatura de 40°C, celelalte condiții neschimbate,



Graficul I. — Dependența randamentului de curent și energie de temperatură (2,7), concentrația saramurei (3 8). densitate de curent (4,9), viteza de circulație (5,10) la diferite distanțe între electrozi.

3. Col. 3 și 8 — concentrația inițială a saramurei 220 gr/l, celelalte condiții aceleași cu cele indicate pentru p. 1.
4. Col. 4 și 9 — densitatea de curent 1340 A/m^2, celelalte condiții identice cu cele indicate pentru p. 1.
5. Col. 5 și 10 — viteza de circulație a electrolitului 150m^3/min, celelalte condiții ca cele indicate pentru p. 1.

In graficul I sînt trasate curbele obținute cu ajutorul datelor corespunzătoare din tabloul 1.

Din datele obținute rezultă că randamentul de curent, indiferent de distanță, scade cu ridicarea temperaturii și micșorarea concentrației saramurei și crește cu ridicarea densității de curent și a vitezei de circulație a electrolitului. Acest rezultat este în concordanță cu datele din practică și cu cele existente în literatură, referitoare la o anumită distanță între electrozi. Totodată se observă însă că valoarea care indică cu cît crește sau scade randamentul de curent, la modificarea unuia din factori, diferă după distanța dintre electrozi. Scăderea este foarte accentuată în domeniul distanțelor mici.

In concordanță cu datele existente rezultă de asemenea că modificarea factorilor și anume creșterea densității de curent și micșorarea concentrației saramurei duc la scăderea randamentului de energie, iar creșterea temperaturii și a vitezei de circulație a electrolitului, la creșterea lui. Totodată se observă însă, ca și în cazul randamentului de curent, că valoarea creșterii sau scăderii randamentului de energie la modificarea unuia din factori diferă după distanța dintre electrozi. Rezultă de asemenea că randamentul de energie, oricare ar fi factorul care-l determină, crește odată cu micșorarea distanței dintre electrozi, își accentuează creșterea și trece printr-un maxim în domeniul distanțelor mici, după care scade. Există așa dar, după cum era de așteptat, o distanță optimă căreia

Tabloul 2

Influența temperaturii, concentrației saramurei, densității de curent și vitezei de circulație asupra randamentului de curent și de energie în domeniul distanțelor mici.

Condițiile electrolizei	Scăderea rand. de curent de la 25 mm		Creșterea (scăd.) rand. de energie de la 25 mm		Distanța optimă	Valoarea maximă a randamentului energetic %
	Pînă la distanța optimă	După distanța optimă	Pînă la distanța optimă	După distanța optimă		
1;6	6,5	4,9	6,4	2,3	3	64,2
2;7	4,4	6,9	5,0	4,1	5	71,1
3;8	2,9	18,6	4,1	7,1	10	57,5
4;9	6,7	—	12,7	—	1	56,5
5;10	1,5	6,7	9,0	1,8	5	67,5

îi corespunde un randament de energie maxim în condiţiile date şi a cărei depăşire într-un sens sau altul provoacă pierderi inutile de energie.

Pentru o exemplificare mai clară a modului în care influenţează factorii menţionaţi asupra randamentului de curent şi energie în domeniul distanţelor mici s-a alcătuit tabloul 2.

Din tabloul 2 rezultă :

a. distanţele optime dintre electrozi diferă după condiţiile în care se efectuiază electroliza.

b. la distanţe între electrozi mai mici decît cea optimă, micşorarea distanţei cu valori foarte mici duce, în comparaţie cu micşorarea ei, înainte de a atinge valoarea optimă, la scăderi apreciabile a randamentului de curent.

c. scăderea randamentului de energie după distanţa optimă, în comparaţie cu creşterea lui pînă la aceeaşi distanţă, este mai puţin pronunţată.

d. la creşterea densităţii de curent, în domeniul distanţelor mici are loc o scădere a randamentului de curent mai puţin accentuată decît în cazul modificării unuia dintre ceilalţi factori consideraţi. Distanţa optimă are o valoare foarte mică. Se remarcă de asemenea că la creşterea vitezei de circulaţie a saramurei are loc, după distanţa optimă, o scădere foarte înceată a randamentului de energie cu micşorarea distanţei.

Glaser [1], Le Blanc şi Catiani [2] arătau că acţiunea de depolarizare a clorului asupra amalgamului este mare la densităţi de curent mici şi la mişcarea puternică a electrolitului şi mică la densităţi de curent mari. Într-adevăr, aşa cum rezultă din datele de mai sus, creşterea densităţii de curent duce la creşterea randamentului de curent. In funcţie de distanţă, scăderea randamentului de curent este puţin accentuată chiar la distanţe mici. In acelaşi timp, randamentul de energie creşte continuu cu micşorarea distanţei şi atinge o valoare maximă pentru o distanţă care, în condiţiile de electroliză indicate mai sus, este cuprinsă între 2 şi 1 mm. La creşteri şi mai mari ale valorii densităţii de curent distanţa optimă se va situa, fără îndoială, în anumite condiţii sub 1 mm, aşa încît practic limita impusă de acţiunea clorului asupra amalgamului dispare. La creşterea vitezei de circulaţie randamentul de curent scade într-adevăr puternic însă numai la distanţe mici. Valoarea distanţei la care începe brusc scăderea randamentului de curent depinde de valoarea creşterii vitezei de circulaţie şi anume, această distanţă este cu atît mai mare cu cît viteza de circulaţie este mai mare. La aceeaşi distanţă creşterea vitezei de circulaţie determină atît creşterea randamentului de curent cît şi a celui de energie, ceea ce face ca prin modificarea acestui factor, alături de densitatea de curent şi temperatură, să ducă la îmbunătăţirea condiţiilor de electroliză. Pentru exemplificarea celor arătate şi ţinîndu-se seama de importanţa pe care o poate prezenta viteza de circulaţie, s-au efectuat o serie de probe asupra influenţei acestui factor la distanţe mici.

In tabloul 3 sînt indicate valorile randamentului de curent şi de energie, la creşterea vitezei de circulaţie pentru distanţele de 5, 3 şi 1 mm, celelalte condiţii fiind aceleaşi ca pentru probele 1—6 din tabloul 1.

Tabloul 3

Influența creșterii vitezei de circulație asupra randamentului de curent și de energie la distanțe mici.

Viteza de circul, cm³/min.	Randamentul de curent % la distanțele de:			Randamentul de energie % la distanța de:		
	5 mm	3 mm	1 mm	5 mm	3 mm	1 mm
0	91,1	89,6	85,0	62,9	64,2	61,8
15	94,1	92,0	86,3	63,5	65,4	62,4
10	96,4	94,3	87,4	65,0	66,6	63,1
15	97,8	96,0	88,7	67,5	68,2	64,0
19	98,4	96,5	89,8	68,8	69,0	64.9
28	98,5	96,5	90,9	68,9	69,0	66,5
60	98,8"	97,0	93,0	69,3	69,7	67,9
100	—	97,8	—	—	69,7	—

In graficul II sînt reprezentate, pe baza datelor din tabloul 3 curbele corespunzătoare.

Rezultatele obținute demonstrează că:

a. La distanțe mici creșterea vitezei de circulație pînă la o anumită valoare determină o creștere accentuată a randamentului de curent și de energie.

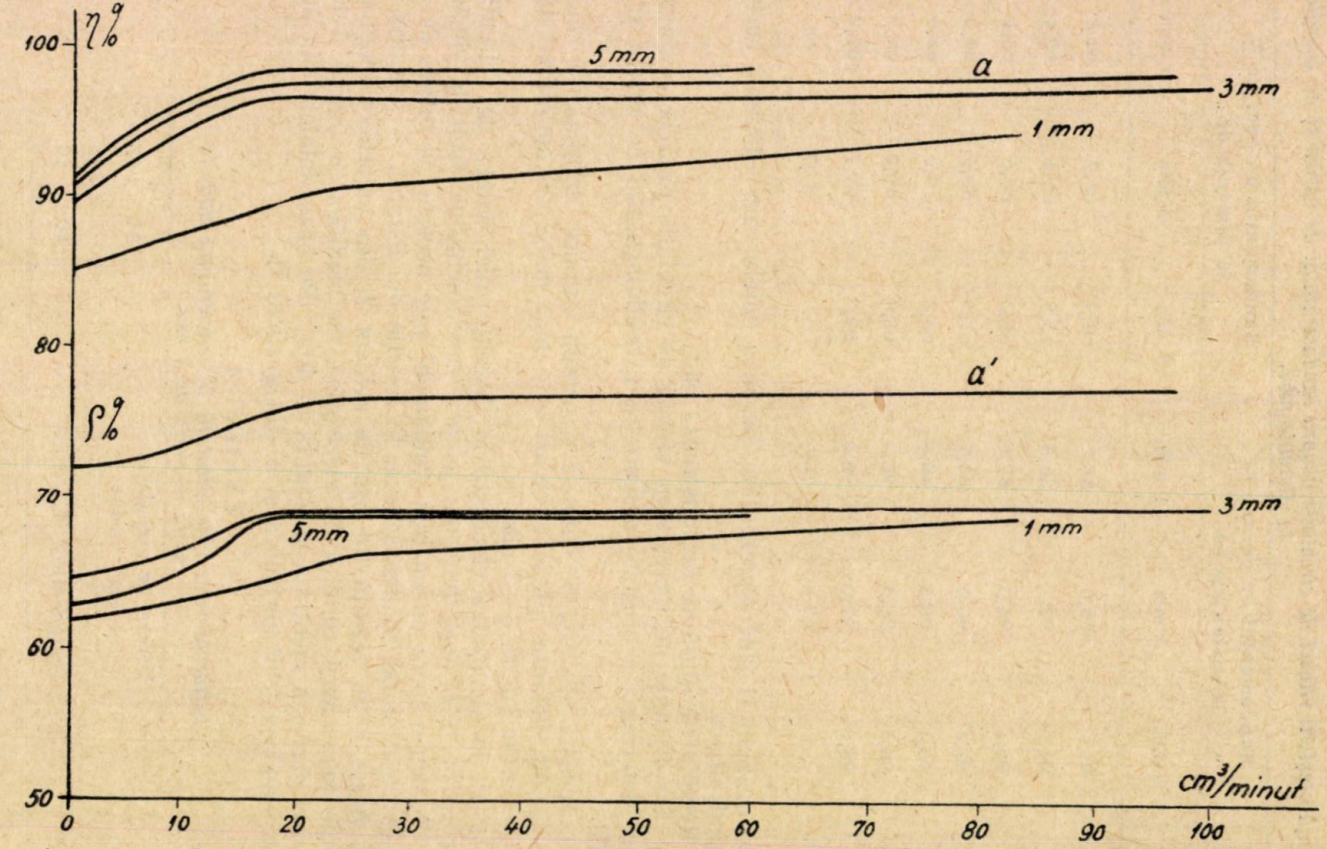
b. Această valoare, pe care să o numim valoare minimă, se micșorează cu cît distanța dintre electrozi este mai mare: 26 cm³/minut la 1 mm, 20 cm³/minut la 3—5 mm.

Astfel, la electroliza efectuată la distanțe mici, viteza de circulație influențează mult mai puternic asupra randamentului decît la distanțe mari. Pentru a lucra cu un bun randament este necesar ca viteza de circulație a saramurei să depășească, în funcție de distanță, o anumită valoare. Acest lucru rezultă tot așa de evident și din valorile tabloului 4, obținute în aceleași condiții de electroliză, cu modificarea numai a temperaturei care s-a menținut constantă la 40°C. Pe baza datelor din acest tablou s-au construit curbele a și a' din graficul II.

Tabloul 4

Influența vitezei de circulație la temperatură ridicată și la distanța de 5 mm.

Viteza de circulație cm³ | minut	0	21	97
Temperatura °C	40	40	40
Rardament de curent %	90,8	97,4	98,8
Randament de energie %	70,9	76,1	77,6



Graficul 11. — Influenţa creşterii vitezei de circulaţie asupra randamentului la distanţe mici. Influenţa creşterii vitezei de circulaţie şi a temperaturii la distanţa de 5 mm (a,a').

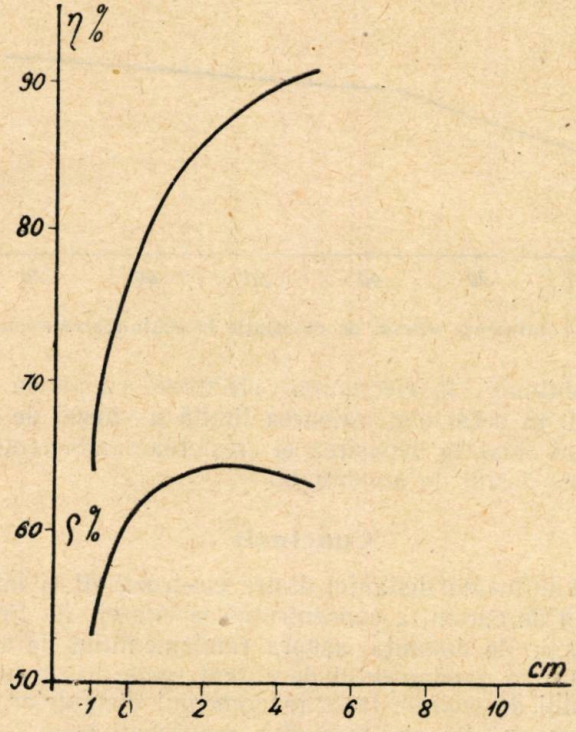
In tabloul 5 sînt reprezentate valorile randamentului de curent și de energie, obținute în condițiile indicate pentru 1 din tabloul 1, cu deosebirea că electroliza s-a efectuat cu o anodă de grafit, care oferă posibilitatea să se micșoreze distanța sub valoarea de zero (sub nivelul mercurului). In graficul III este dată curba construită cu valorile din tabloul 5.

Tabloul 5

Influența micșorării distanței asupra randamentului de curent și de energie la electroliza cu anodă de grafit.

Distanța mm	5	1	1 mm sub nivelul Hg.
Randament de curent %	90,7	82,5	64,0
Randament de energie %	63,1	63,3	53,0

In tabloul 6 și curba corespunzătoare din graficul IV este arătată influența creșterii vitezei de circulație asupra randamentului de curent și de



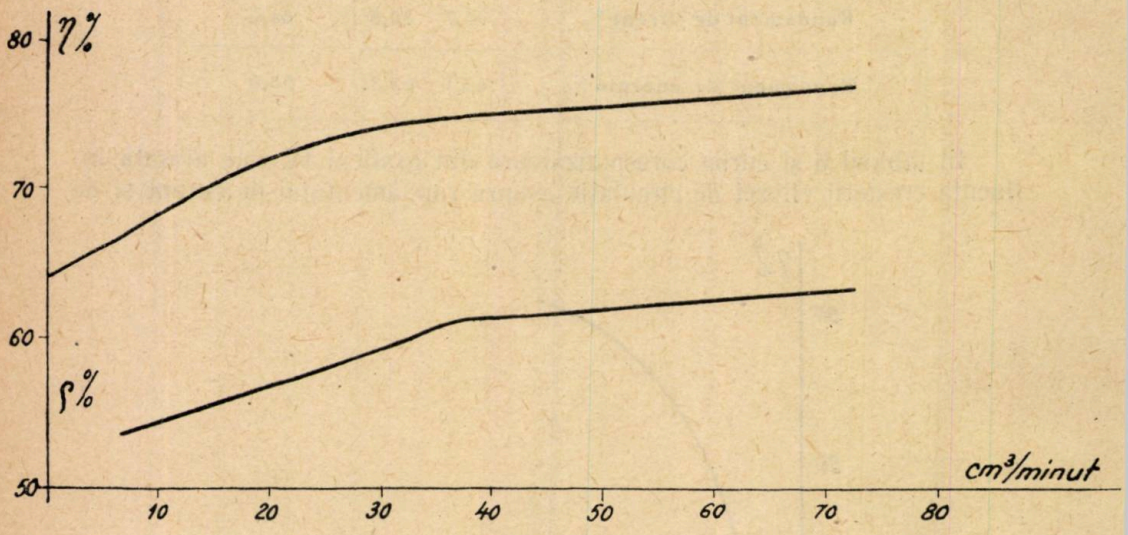
Graficul III. — Influența micșorării distanței la electroliza cu anod de grafit.

energie, atunci cînd grafitul este scufundat la distanța de 1 mm sub nivelul mercurului.

Tabloul 6

Influenţa vitezei de circulaţie la scufundarea anodului de grafit.

Viteza de circulaţie cm^3 / minut	0	20	33	73
Randament de curent %	64,2	72,0	74,5	77,0
Randament de energie %	53,0	57,5	62,4	63,5



Graficul IV. – Influenţa vitezei de circulaţie la scufundarea anodei de grafit.

Valorile obţinute la efectuarea electrozei cu anoda scufundată în mercur arată că, în acest caz, valoarea limită a vitezei de circulaţie este foarte mare şi că chiar la depăşirea ei creşterea randamentului de curent şi de energie este destul de accentuată.

Concluzii

1. S-a studiat influenţa distanţei dintre electrozi, cît şi influenţa temperaturii, densităţii de curent, a concentraţiei şi vitezei de circulaţie a electrolitului în funcţie de distanţă, asupra randamentului de curent şi de energie. S-a arătat că randamentul de curent scade brusc la distanţe mici şi că randamentul de energie trece în domeniul distanţelor mici printr-un maxim. Dacă sensul influenţei factorilor menţionaţi asupra randamentului de curent şi de energie rămîne acelaşi la distanţe mici, ca şi la distanţe mari, se schimbă însă mărimea acestei influenţe. S-a arătat de asemenea existenţa unei distanţe optime, a cărei valoare este determinată de condiţiile electrolizei şi a cărei depăşire într-un sens sau altul provoacă pier-

deri inutile de energie. Distanța optimă se micșorează foarte mult la creșterea densității de curent.

2. S-a studiat influența vitezei de circulație a electrolitului asupra randamentului de curent și de energie la distanțe mici între electrozi. S-a arătat că în cazul distanțelor mici devine evidentă necesitatea depășirii unei viteze de circulație minimă pentru a se lucra în condiții bune. Viteza de circulație a electrolitului este, în domeniul distanțelor mici, alături de densitatea de curent și temperatură, un factor important pentru îmbunătățirea condițiilor de electroliză.

3. S-a arătat că influența vitezei de circulație asupra randamentului de curent și de energie, este puternică chiar cînd se efectuează cu o anodă de grafit scufundată în mercur.

Catedra de Industrii anorganice.

BIBLIOGRAFIE

1. Lucion E. *Elektrolytische Alcalischloridzerlegung mit flüssigen Metallkathoden* 1906, Halle, p. 27.
2. Ullmann Fr. *Enzyklopädie der technischen Chemie*, Bd. III, p. 239.
2. Homiakov V. G., Mașovei V. P. și Kuzmin L. L. *Tehnologia industriilor electrochimice* Ed. tehnică. Buc., 1953, p. 327, (trad. din l. rusă).
4. Drozin N. N. și Filipov T. S. Studiul influenței diverselor impurități conținute în saramură și în mercur asupra procesului de electroliză a clorurei de sodiu cu catodă de mercur și asupra funcționării elementului scurtcircuitat Hg. Na. /saram./ grafit, I.D.T. No. 3637 (trad. din revista Ж. Прикл. Хим. 1948, *21*, No. 2, стр. 630).
5. Селуяков Л. Н., Сальтовская Л. А., Стендер, В. В. Потенциалы выделения щелочиных металлов и выходы по току при электролизе со ртутным катодом, Ж. Прикл. Хим., 1953, *26*, No. 2, стр. 460.
6. . . . Chemisches Zentralblatt, 1951, *11*, p. 1510.

ВЛИЯНИЕ РАСТОЯНИЯ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ НА ПРОЦЕСЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ СО РТУТНЫМ КАТОДОМ

(Краткое содержание)

Изучается влияние расстояния между электродами, а также влияние температуры, плотности тока, концентрации и скорости движения электролита (в зависимости от расстояния) на к. п. д. тока и энергии. Наблюдается резкое уменьшение к. п. д. тока при малых расстояниях; к. п. д. энергии, в этой области, проходит через максимум.

Изучается влияние скорости движения электролита на к. п. д. тока; замечается, что скорость движения, в области малых расстояний, наряду с плотностью тока и температурой являются факторами улучшения условий электролиза.

Объяснение рисунков

График I. Зависимость выхода по току и энергии от температуры (2-7), концентрации рассола (3,8), плотности тока (4,3), скорости движения (5,10) при различных расстояниях между электродами.

График II. Влияние роста скорости движения на выход по току при малых расстояниях. Влияние роста скорости движения и температуры при расстояниях 5 мм.

График III. Влияние уменьшения расстояния при электролизе с графитовым анодом.

График IV. Влияние скорости движения при погружении графитового анода.

INFLUENCE DE LA DISTANCE ENTRE LES ÉLECTRODES SUR LE PROCESSUS D'ÉLECTROLYSE DE LA CHLORURE DE SODIUM À CATHODE DE MERCURE

(Résumé)

On a étudié l'influence de la distance entre les électrodes sur le rendement du courant et de l'énergie dans l'électrolyse à cathode de Hg. On a étudié aussi l'influence de la température, de la densité du courant, de la concentration et de la vitesse de circulation sur le rendement du courant et de l'énergie quand ou modifie la distance entre les électrodes.

Les résultats obtenus ont montré que, pour des petites distances, le rendement de l'énergie présente un maximum et le rendement du courant diminue brusquement. Dans le même domaine (des petites distances) la vitesse de circulation, la densité du courant et la température ont une grande influence sur les rendements contribuant ainsi à l'amélioration de l'électrolyse.

EXPLICATION DES FIGURES

Graphique I. L'influence de la température (2, 7), de la concentration de la saumure (3, 8), de la densité du courant (4, 9), et de la vitesse de circulation sur le rendement du courant et de l'énergie quand on modifie la distance entre les électrodes.

Graphique II. L'influence de l'augmentation de la vitesse de circulation sur le rendement dans le domaine des petites distances. L'influence de l'augmentation de la vitese de circulation et de la température à la distance de 5 mm.

Graphique III. L'influence de la diminuation de la distance dans l'électrolyse avec l'anode de graphit.

Graphique IV. L'influence de la vitesse de circulation quand on imerge l'anode de graphit.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

UTILIZAREA DEŞEULUI DE SULFAT DE SODIU DE LA FABRICAREA BICROMATULUI PENTRU OBŢINEREA SILICATULUI DE SODIU

DE

C. BRANIŞTE, OREST NICHITA şi SILVIA ŞERBAN

Comunicare prezentată în seziunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

In cele mai multe procese de fabricaţie, rămîn o serie de produse sub formă de deşeuri care ulterior pot fi valorificate. Astfel în procesul de fabricaţie a bicromatului de sodiu a viscozei [1] etc., rămîn cantităţi însemnate de sulfat de sodiu împreună cu alte produse specifice procesului tehnologic.

In lucrarea de faţă noi am încercat să valorificăm sulfatul de sodiu ce rămîne ca deşeu de la fabricile noastre de bicromat. Fiindcă deşeurile de la fabricarea bicromatului conţin pe lîngă sulfat de sodiu şi săruri de crom, am căutat ca odată cu sulfatul de sodiu, să recuperăm şi cromul, care poate fi utilizat în alte industrii ca de ex. aceea a pielăriei.

Ne-am propus ca sulfatul de sodiu astfel recuperat, să-l folosim la prepararea silicatului de sodiu.

Incercări de a înlocui soda cu sulfat de sodiu în prepararea silicatului s-au făcut de către B ü c h n e r [2] întrebuinţînd pentru 100 p. cuarţ 60 p. sulfat de sodiu anhidru şi 10—20 p. cărbune de lemn. Un alt cercetător, K n o b l a u c h [2], a întrebuinţat pentru 100 p. nisip, 70 p. sulfat de sodiu şi 4 p. cărbune de lemn, iar M a ő t z întrebuinţează 100 p. nisip, 75 p. sulfat de sodiu, 8 p. cărbune şi mici cantităţi de carbonat de sodiu fără a stabili cantitatea optimă de carbonat pentru obţinerea unui silicat de calitate.

Deşeul luat de noi pentru valorificare, analizat, are compoziţia din tabelul I.

Tabelul 1

$Na_2Cr_2O_7$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$Al_2(SO_4)_3$	Insolubile	Umiditate
7,94%	83,36%	1,46%	0,471%	4,6%	2,4%

Din datele de mai sus se constată că deșeul este format în cea mai mare parte (83,36%) din sulfat de sodiu și din o cantitate însemnată de bicromat de sodiu (7,94%).

Pentru a trece la valorificarea acestui deșeu, urmează în primul rînd separarea bicromatului de sodiu de sulfatul de sodiu. In acest scop deșeul a fost solvit în apă și tratat cu bioxid de sulf (ca agent reducător) pentru a transforma bicromatul într-o sare care mai departe, cu ajutorul carbonatului de sodiu, poate fi transformată în hidroxid de crom, ușor de separat prin filtrare. Soluția de sulfat separată de hidroxidul de crom, este supusă unei evaporări și cristalizări. Prin calcinare în vederea îndepărtării apei, se obține un produs cu un conținut de 99,40% sulfat de sodiu. In ceea ce privește hidroxidul de crom, acesta poate fi ușor prelucrat în vederea obținerii de săruri de crom, ce se pot utiliza în diverse scopuri.

In cele ce urmează, ne ocupăm cu studiul condițiilor de obținere a silicatului de sodiu. Pe lîngă sulfatul de sodiu, am folosit în încercările noastre ca materii prime, cărbunele de salcie [3] și nisipul.

Compoziția și caracteristicile acestor substanțe le dăm în tabelele 2 și 3.

Tabelul 2

Umiditate	Greutatea spec. volumetrică	Substanțe volatile	Cărbune fix	Cenușă	Puterea calorică
4,80%	0,2107 kg/dmc	31,50%	62,54%	0,86%	6895

Tabelul 3

SiO_2	Fe_2O_3 și Al_2O	CaO	MgO	Pierderi prin calcinare
89%	2,05%	4,62%	0,63 %	3,39%

Cărbunele din amestec joacă rolul reducător și trebuie să aibă o umiditate mică, de aceea se macină, se amestecă și se usucă pînă ce ajunge la o umiditate sub 3%, iar conținutul în cenușă să nu depășească 0,5%, pentru a nu produce dificultăți solubilizării silicatului.

In ceea ce privește nisipul, trebuie să fie cît mai curat, în special oxizii de fier și aluminiu să nu depășească proporția de 2%, iar CaO este admis între 0,4—0,85%, față de calitatea inițială de alcali. Dacă impuritățile din nisip depășesc limitele mai sus, ele influențează la insolubilitatea silicatului. Atît nisipul cît și cărbunele trebuie aduse la o astfel de finețe încît să treacă complet prin sita de 4900 ochiuri/cm^2.

După datele noilor cercetări privitoare la reacțiile ce se petrec în timpul calcinării amestecului de sulfat de sodiu, cărbune și nisip [4], se constată că are loc mai întîi oxidarea cărbunelui cu oxigenul din amestec la CO și disocierea apei cu degajare de hidrogen. In acest caz

reducerea sulfatului de sodiu se face de către oxidul de carbon și hidrogen conform ecuațiilor :

$$Na_2SO_4 + CO = Na_2SO_3 + CO_2$$
$$Na_2SO_4 + H_2 = Na_2SO_3 + H_2O$$

Sulfitul de sodiu nu este stabil și se descompune formînd sulfatul de sodiu și sulfura de sodiu.

$$4Na_2SO_3 \rightarrow 3Na_2SO_4 + Na_2S$$

Sulfatul de sodiu format este redus la sulfit de CO și H_2, iar sulfura de sodiu, intră în reacție cu vaporii de apă formînd hidroxidul de sodiu.

$$Na_2S + H_2O = Na_2O + H_2S$$
$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

Hidroxidul de sodiu format reacționează cu bioxidul de siliciu dînd silicatul de sodiu.

$$SiO_2 + 2NaOH = SiO_3Na + H_2O$$

Partea experimentală

In studiul ce urmează am căutat să stabilim mai întîi cantitatea optimă de cărbune față de cantitatea de sulfat de sodiu din amestec. Incercările făcute în acest scop sînt date în tabelul 4.

Tabelul 4

Variația cantității de cărbune

S-au menținut constante : Temp. 1200° C, timpul de calcinare 2 ore, cantitatea de nisip 100 p. și sulfat de sodiu 60 p.

Materiile prime	Proba I	Proba II	Proba III
Nisip	100 p.	100 p.	100 p.
Na_2SO_4	60 p.	60 p.	60 p.
Cărbune de salcie	15 p.	8 p.	4 p.

Cercetînd produsele obțiunte cu probele de amestec din tabelul 4, am constatat că procentul de cărbune de 15 p. față de 60 p. sulfat este prea mare obținînd un silicat de culoare brună, datorită sulfurei de sodiu ce se formează [2].

La proba cu 4 p. cărbune față de 60 p. sulfat de sodiu, cantitatea de cărbune este insuficientă, pentru reducerea sulfatului și în acest caz rămîne o cantitate de sulfat de sodiu netransformat formînd deasupra topiturii o masă spongioasă de sulfat neredus ; dedesubtul acesteia se găsește un strat fuzibil format din bioxid de siliciu ce nu a intrat în reacție. La proba cu 8 p. cărbune față de 60 p. sulfat de sodiu, produsul are o culoare galbenă și nu conține stratul spongios de sulfat neredus, fapt

ce ne-a determinat să admitem că procentul optim de cărbune este cuprins între 4—8 p. cărbune faţă de sulfatul luat în amestec.

După stabilirea limitelor optime de cărbune am variat cantitatea de sulfat de sodiu, temperatura şi timpul de calcinare după tabelul 5.

Tabelul 5

Variaţia cantităţii de sulfat de sodiu, a temperaturii şi a timpului de calcinare.
S-au menţinut constante: nisipul 100 p. şi cărbunele 8 p.

Proba Nr.	Regimul termic de lucru	Nisip părţi	Na_2SO_4 părţi	Cărbune părţi	Temp. °C	Timp. ore	Analiza chim.		Modul $\frac{A}{D}$ 1,032
							Na_2O %	SiO_2 %	
P_1	încălzire lentă şi răcire lentă	100	60	8	1200	2	20,20	74,08	3,77
P_2		„	70	„	„	„	18,00	73,20	4,17
P_3		„	75	„	„	„	18,80	77,70	4,20
P_4		„	80	„	„	„	18,85	78,90	4,31
P_5		„	90	„	„	„	12,00	67,80	5,83
P_6		„	100	„	„	„	8,80	67,60	7,33
P_7		„	60	8	1300	2	16,65	79,00	4,89
P_8		„	70	„	„	„	15,18	77,09	5,24
P_9		„	75	„	„	„	15,29	77,10	5,23
P_{10}		„	80	„	„	„	17,01	78,10	4,73
P_{11}		„	90	„	„	„	17,50	78,50	4,60
P_{12}		„	100	„	„	„	15,16	78,00	5,30
P_{13}	încălzire bruscă răcire bruscă	100	60	8	1400	2	10,46	78,30	7,71
P_{14}		„	70	„	„	„	11,13	82,10	7,39
P_{15}		„	80	„	„	„	13,18	82,40	6,25
P_{16}		„	100	„	„	„	14,56	82,60	5,65
P_{17}	încălzire lentă răcire bruscă	100	75	8	1200	1	14,70	81,70	5,77
P_{18}		„	„	„	„	2	18,64	77,64	4,30
P_{19}		„	„	„	„	3	9,70	78,43	8,33
P_{20}		„	„	„	„	4	8,40	79,93	9,80
P_{21}		„	„	„	1300	1	7,70	73,50	9,80
P_{22}		„	„	„	„	2	8,80	79,00	9,27
P_{23}		„	„	„	„	3	9,20	80,15	8,97
P_{24}		„	„	„	„	4	9,90	83,89	8,66

Calitatea silicatului de sodiu se apreciază după „modulul" lui, care reprezintă raportul dintre cantitatea de bioxid de siliciu şi cantitatea de sodiu ce se găseşte în produs, înmulţită cu 1,032 adică $\frac{A}{D} \cdot 1{,}032$ [4].

După STAS Nr. 318—49 modulul trebuie să fie cuprins între limitele 1—3,5.

Din cercetarea probelor din tabelul 5 se pune în evidență următoarele: la proba P_1 se constată o alcalinitate mare și un modul mic în comparație cu celelalte probe, apropiat de cel indicat pentru un silicat bun, totuși proba nu poate fi luată în considerare drept cea mai bună, deoarece produsul obținut este sfărămicios cu o culoare brună, din cauza excesului de cărbune față de sulfatul de sodiu și în acest caz se formează sulfuri de sodiu ce se înglobează în masa sticlei.

La probele P_2, P_3 și P_4 alcalinitatea se menține aproape aceeași, însă mai scăzută față de proba P_1, iar modulul crește pe măsură ce crește cantitatea de sulfat pusă în amestec; nu se constată urme de sulfuri de sodiu, ceea ce dovedește că procentajul optim de sulfat, cînd se lucrează la 1200° C este cuprins între 70—80 p. față de 100 p. nisip și 8 p. cărbune.

In secțiunea microscopică probele se prezintă ca o masă sticloasă uniformă, cu ace subțiri simple și dendritice, iar în unele locuri apar goluri probabil din cauza gazelor ce se degajă. La probele P_5 și P_6 alcalinitatea și cantitatea de bioxid de siliciu scad, iar modulul crește; aceasta se explică prin excesul de sulfat față de cărbune, ce nu poate fi redus total și produsul obținut are un aspect spongios, iar pe suprafața lui se formează un strat albicios compus din sulfat de sodiu neredus, sulfat de calciu, clorură de sodiu cît și un reziduu insolubil format în parte din bioxid de siliciu [5].

In secțiune microscopică probele P_5 și P_6 apar la fel ca o masă sticloasă străbătută de numeroase grupe cristaline radiale formate în jurul unor centre de cristalizare. Substanța cristalină aici apare sub formă de ace mai grosiere decît la primele probe.

Făcînd aceleași topituri procentuale la temperatura de 1300° C se constată o alcalinitate mai scăzută în comparație cu probele obținute la 1200° C. Aceasta se explică prin aceea că pe măsură ce se ridică temperatura o parte din alcali se pierd sub formă de săruri volatile și silicatul format se îmbogățește în bioxid de siliciu, după cum se constată la proba P_7. In același timp se elimină și o parte din carbon sub formă de bioxid de carbon și oxisulfură de carbon, pentru că proba P_7 în comparație cu proba P_1 nu mai are culoare brună, ceea ce ne arată că excesul de cărbune a fost eliminat sub formă de gaze, înainte de a intra în procesul de reducere a sulfatului.

La probele P_8, P_9, P_{10} și P_{11} se constată că pe măsură ce crește cantitatea de sulfat din amestec crește și alcalinitatea, remarcîndu-se o creștere bruscă la probele ce conțin între 80 și 90 p. sulfat. Creșterea bruscă se explică prin faptul că masa de sulfat fiind mai mare în comparație cu proba P_7, pierderile de cărbune, înainte de a intra în reacție cu sulfatul, se micșorează și în acest caz cea mai mare parte din sulfat este redus pînă la NaOH care intră în reacție cu bioxidul de siliciu formînd masa sticloasă de silicat, iar stratul spongios format deasupra silicatului crește pe măsură ce crește cantitatea de sulfat. Cînd cantitatea de sulfat crește peste 90 p., se constată că avem un exces mare de sulfat față de 8 p.

cărbune, iar statul spongios este mai gros decît la probele anterioare. Aici procentul de alcali scade, iar modulul se măreşte ceea ce se confirmă prin proba P_{12}. Deci cînd se lucrează la 1300° cu un amestec format din 100 p. nisip şi 8 p. cărbune, timp de 2 ore, cantitatea optimă de sulfat este cuprinsă între 80 şi 90 p., faţă de 70—80 p., cînd se lucrează la temparatura de 1200° C.

In secţiune microscopică probele obţinute la 1300° C, apar ca o masă relativ uniformă cu un grad accentuat de cristalizare. Se observă centre de granule cristaline din care pornesc numeroşi cristali simpli şi dendritici. Centrele cristaline sînt formate din granule de cuarţ ce nu au reacţionat total cu sulfatul, probabil din cauza unei lipse de agitare în condiţiile de lucru din laborator.

Probele de la P_{13}—P_{16} au fost introduse direct la temperatura de 1400° C, şi în acest caz cantitatea de cărbune din amestec s-a eliminat în parte parte, fără să reacţioneze cu sulfatul, ceea ce explică de ce alcalinitatea este mult scăzută în comparaţie cu probele obţinute la temperatura de 1200° şi 1300° C.

In secţiune microscopică se observă cantităţi mari de granule de cuarţ ce nu a intrat în reacţie, iar o parte din cuarţ s-a topit şi prin răcire a recristalizat formînd plaje de cuarţ; masa topită apare mult mai sticloasă în comparaţie cu probele anterioare.

In concluzie se constată că, cu cît creşte temperatura, menţinîndu-se ceilalţi factori constanţi — în cazul întrebuinţării sulfatului la fabricarea silicatului de sodiu — silicatul obţinut tinde către o sticlă insolubilă.

Din variaţia cantităţii de sulfat şi a temperaturii se constată că modulul cel mai mic s-a obţinut la probele conţinînd 70—80 p. sulfat la temperatura de 1200° C. In probele ce urmează, am menţinut constantă cantitatea de sulfat de sodiu (75 p.) şi am variat timpul de calcinare de la 1—4 ore la temperatură de 1200° şi 1300° C, utilizînd regimul de lucru industrial (încălzirea lentă şi recire bruscă).

Din aceste ultime probe se constată că timpul optim de calcinare pentru un amestec format din 100 p. nisip, 75 p. sulfat şi 8 p. cărbune, este de 2 ore.

In secţiune microscopică proba obţinută după 1 oră de calcinare (P_{17}) ne arată că procesul de transformare a materiilor prime ce formează amestecul nu a avut loc, deoarece se găsesc granule de cuarţ şi cărbune netransformat. La probele P_{18}, P_{19} şi P_{20} secţiunea microscopică ne arată că topirea a avut loc însă masa topită este neomogenă fiind constituită din aglomerări de materie recristalizată sub formă de granule difuzate în topitură. La probele P_{21}, P_{22} şi P_{23} de asemenea reacţia a avut loc; silicatul apare ca o masă topită neomogenă şi o recristalizare a cuarţului, microlitică în toată masa. Produsul obţinut este greu solubil ceea ce dovedeşte că s-a format sticlă insolubilă. La proba P_{24} topitura este complet uniformă, formată dintr-o masă sticloasă, care are o solubilitate foarte mică. Aşa se explică de ce avem o cantitate mare de bioxid de siliciu şi o alcalinitate redusă.

Din tabelul 5 am dedus că oricît am varia cantitatea de sulfat, temperatura, timpul de calcinare şi regimul de lucru, nu se poate obţine un

silicat de calitate care să se încadreze în limitele modului cerut de STAS și de aceea este necesar să se adauge și un procent mic de carbonat de sodiu care în prezența bioxidului de siliciu începe să reacționeze la temperaturi joase (400° C), ce depinde de proporția de siliciu din șarjă, pe cînd sulfatul de sodiu intră în reacție la 1200° C foarte lent, de aceea se adaugă și cărbune, care ușurează descompunerea sulfatului scoborînd temperatura la 800—700° C. [5]. Tot din tabelul 5 am dedus că rețeta de fabricație a silicatului solubil cel mai apropiat de STAS este format din 100 p. nisip, 75 p. sulfat de sodiu, 8 p. cărbune, timpul de calcinare 2 ore și temperatura de 1200° C. La acest amestec s-a adăugat carbonat de sodiu între 3—7% conform tabelului 6.

Tabelul 6

Variația cantității de carbonat de sodiu și a regimului de lucru

Regim de lucru	Nisip părți	Cărbune părți	Timp ore	Na_2SO_4 părți	Na_2CO_3		Analiză chimică		modulul $\frac{A}{D} \cdot 1{,}032$
					părți	%	Na_2O	SiO_2%	
încălzire lentă răcire bruscă	100	8	2	69,60	5,4	3	21,49	77,48	3,71
	„	„	„	65,85	9,15	5	23,07	76,90	3,43
	„	„	„	62,19	12,8	7	24,00	76,40	3,28
încălzire lentă răcire lentă	„	„	„	69,60	5,4	3	23,02	76,90	3,44
	„	„	„	65,85	9,15	5	23,95	76,00	3,28
	„	„	„	62,10	12,8	7	24,04	75,80	3,24

Din tabelul 6 se constată că modulul silicatului obținut prin adaus de carbonat de sodiu se micșorează față de probele făcute numai cu sulfat. De asemenea este cuprins între limitele de STAS și corespunde silicatului de tip A.

In funcție de cantitatea de carbonat adăugată se observă o scădere mică a modulului în special între 5—7% carbonat și de aceea pentru a se face economie se recomandă procentajul de 3—5% carbonat deoarece modulul silicatului format cu acest procentaj intră în limitele STAS-ului.

In secțiune microscopică probele apar ca o masă sticloasă, preparația rămîne continuu stinsă în nicolii încrucișați, accidental apar mici granule de cuarț netransformate din cauza neagitării în timpul calcinării.

Tabelul 6 ne arată că la un adaus de carbonat de sodiu între 3—5% față de sulfatul de sodiu, se obține un silicat de sodiu corespunzător celui industrial obținut numai din carbonat.

Silicatul de sodiu astfel obţinut se prezintă ca o substanţă semitransparentă de culoare albăstruie şi din punct de vedere chimic este o combinaţie între SiO_2 şi Na_2O şi după raportul molecular între aceşti doi componenţi el poate să corespundă formulei $SiO_2 2Na_2O$ (ortosilicat) şi $2SiO_2 Na_2O$ (bisilicat) [5].

Determinîndu-se cantitatea de alcali şi bioxid de siliciu la un eşanţion de silicat de sodiu industrial preparat cu carbonat de sodiu, am găsit $Na_2O = 25\%$, $SiO_2 = 75{,}5\%$, date apropiate de produsul obţinut de noi, preparat cu sulfat de sodiu şi un procentaj mic de carbonat (vezi tab. 6).

Dăm mai jos secţiunile microscopice a silicatului industrial (fig. 1), a celui din sulfat (fig 2) şi a silicatului obţinut din sulfat şi un procent mic de sodă (fig. 3).

Silicatul industrial se prezintă ca o masă sticloasă cu numeroase fisuri şi în mod accidental apar rare ace fine cristaline, iar cel obţinut din sulfat şi un mic adaos de carbonat se aseamănă cu cel industrial de asemenea apărînd ca o masă sticloasă şi numai rareori apar cristali fini dendritici în jurul unor granule, ce nu au fost complet solvite, probabil din cauza neagitării în timpul calcinării, întrucît condiţiile de lucru în laborator nu ne-au permis această agitare.

Silicatul obţinut numai cu sulfat apare în parte ca o masă sticloasă cu centre cristaline din care pleacă radial cristali simpli şi dendritici.

In ceea ce priveşte solubilitatea silicatului de sodiu el este un compus destul de greu solubil în apă, totuşi sub acţiunea temperaturii şi a presiunii se dizolvă, obţinîndu-se silicatul solubil. Solubilizarea am făcut-o într-o autoclavă la presiunea de 5—6 atmosfere, soluţia obţinută s-a filtrat, concentrat, pînă ce am căpătat un lichid vîscos, a cărui vîscozitate depinde de concentraţia soluţiei, însă în mod practic se concentrează pînă la 58—60 Bé.

Datorită proprietăţilor sale, silicatul de sodiu se întrebuinţează în diferite industrii ca industria hîrtiei, săpunului, textile, pielăriei, în industria materialelor de construcţii etc.

Concluzii

1. Din nămolul rezultat de la fabricarea bicromatului de sodiu se poate recupera cromul şi sulfatul de sodiu respectînd anumite condiţiuni tehnologice.
2. S-au studiat şi stabilit condiţiile de obţinere a silicatului de sodiu în funcţie de proporţiile de materii prime şi de temperatură.
3. Utilizînd numai sulfatul de sodiu (alături de cărbune şi nisip), nu se poate obţine un silicat ale cărui proprietăţi să corespundă cerinţelor din STAS.
4. Adăugarea de 3—5% carbonat de sodiu la amestecul de nisip-sulfat de sodiu şi cărbune în proporţiile indicate duce la obţinerea unui silicat de bună calitate.

Catedra de Industrii Anorganice
Laboratorul de Tehnologia Produselor Anorganice Prelucrătoare

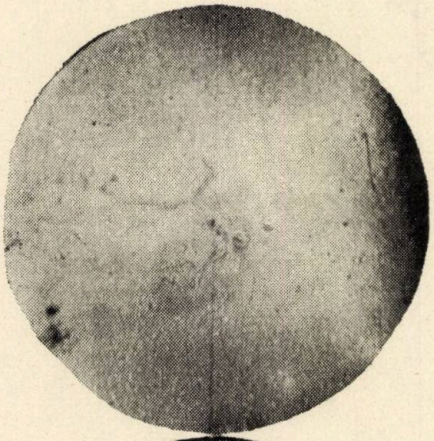


Fig. 1

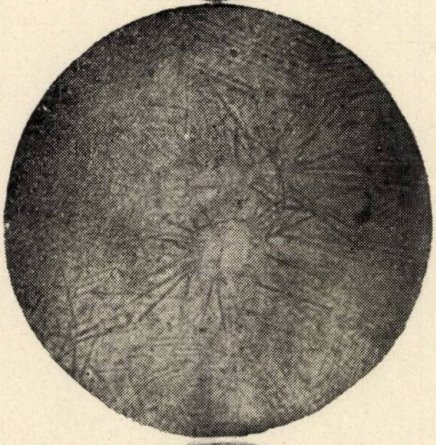


Fig. 2

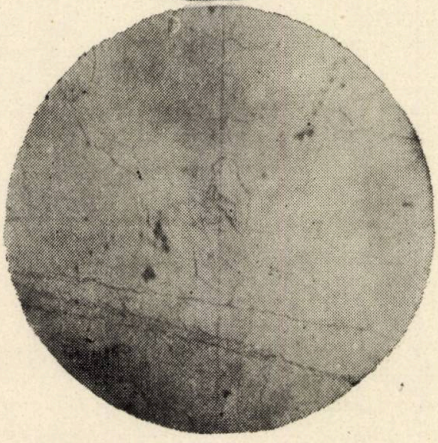
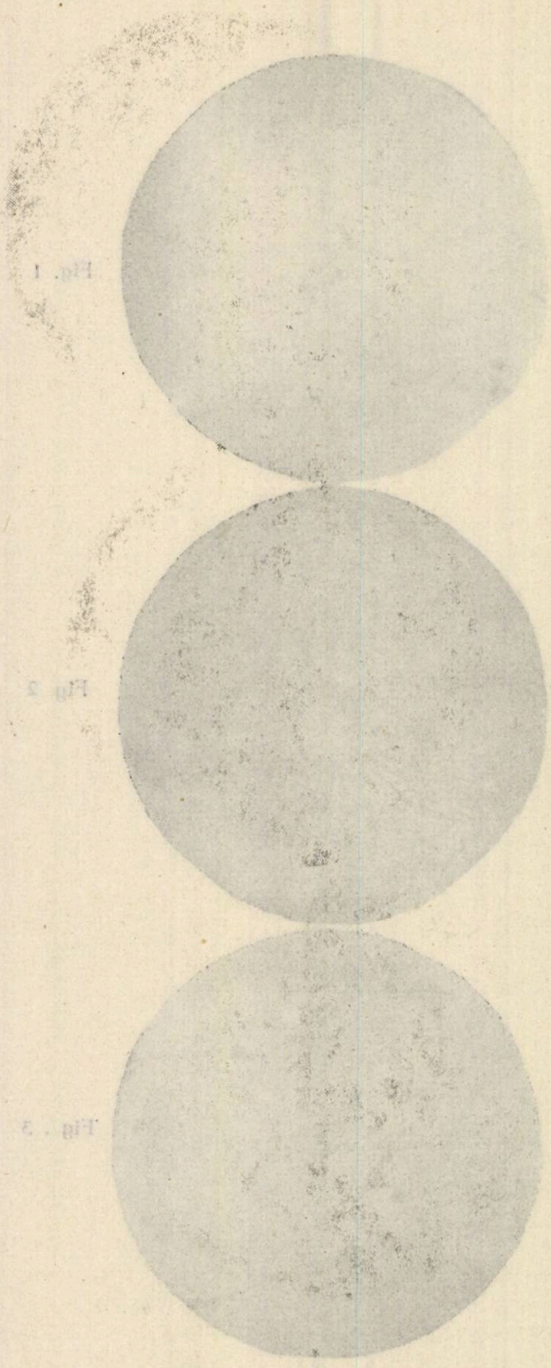


Fig . 3



BIBLIOGRAFIE

1. Kirmayer G., Revista de Chimie ASIT, 1954, Nr. 5, p. 213
2. Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie, 1922, Nr. 10.
3. Marinescu M., Botez Gh. şi Vălu Fl., St. şi Cerc. Şt. Acad. R. P. R., filiala Iaşi, 1952, t. III, 1—4, p. 213.
4. Kitaigorodski I. I. şi colaboratori, *Tehnologia Sticlei*, vol. II, Ed. Teh., Buc., pp. 13—14, (trad. din l. rusă).
5. Bary P., *La Verrerie*, Dupont, Paris 1941, pp. 59 şi 82—86.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРНОКИСЛОГО НАТРИЯ, ПОЛУЧАЕМОГО КАК ОТХОДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДВУХРОМОКИСЛОГО НАТРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНЕКИСЛОГО НАТРИЯ

(Краткое содержание)

Авторы работают над возможностью использования сернокислого натрия, получаемого как отходы в химическом производстве страны. В частности, рассматривают условия получения кремнекислого натрия из сернокислого натрия, остающегося при производстве двухромокислого натрия.

С этой целью произведено исследование факторов, влияющих на химический процесс этого превращения, а именно, были рассмотрены наиболее выгодные отношения между следующими реактантами: сернокислый натрий, песок и древесный уголь. Разработано влияние температуры и срока нагревания в этом процессе; а также исследуется влияние прибавки углекислого натрия на протекание химмческого процесса и на качество кремнекислого натрия.

Характеристики, полученного при этом силиката, были проверены химическими анализами, давшими возможность установить модуль силиката (отношение между количеством SiO_2 и Na_2O).

Произведены также и микроскопические сечения.

Наряду с этим, проанализированы и условия рекуперации хрома из сернокислого натрия.

L'UTILISATION DU DÉCHET DE SULFATE DE NATRIUM PROVENANT DE LA FABRICATION DU BICROMATE POUR L'OBTENTION DU SILICATE DE NATRIUM

(Résumé)

On étudie la mise en valeur du sulfate de natrium résultant comme produit secondaire ou provenant des déchets de l'industrie chimique de R. P. R.

On s'intéresse surtout des conditions d'obtention du silicate de natrium en se servant du sulfate de natrium résidu de la fabrication du bicromate de natrium.

On a étudié le rapport le plus favorable entre les réactants, précisément le sulfate de natrium, le sable et le charbon, l'influence de l'effet de la température et de la durée du chauffage, de même que le rôle du carbonate de natrium concernant la qualité du silicate de natrium et la marche de la réaction chimique.

On a établi par des analyses chimiques et par des observations à microscope les caractéristiques du silicate obtenu et en particulier son module.

On n'a pas pardu de vue l'étude des conditions de récupérage du crome dans le sulfate de natrium.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONDENSAREA BENZOINEI CU META-ŞI PARA-AMINOFENOL DERIVAŢI CUMARONICI

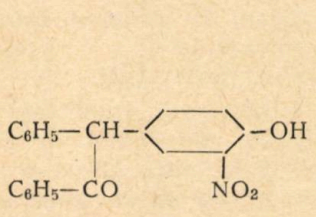
DE

ILIE MATEI, ELENA COCEA şi TATIANA LIXANDRU

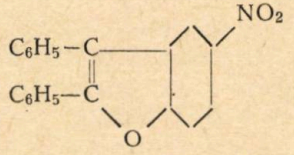
Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12 13 februarie 1955

In două comunicări anterioare [1], [2] am arătat că benzoina reacţionează cu nitrofenolii în diverse feluri.

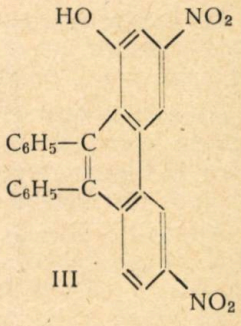
Aşa, benzoina condensează cu o-nitrofenol formînd un derivat fără închidere de ciclu şi anume: *4-desil-nitrofenol* (I), cu p-nitrofenol benzoina închide un ciclu cumaronic, conducînd la *2,3 -difenil-5-nitro-cumaronă* (II), iar cu meta-nitrofenol, benzoina închide un ciclu de fenantren, formînd *1-oxi-3,6-dinitro-9,10-difenilfenantren* (III) sau un izomer al acestuia:



I



II



III

Constatînd, din cele expuse, modul diferit de reacţie al benzoinei cu nitrofenoli, ne-am propus să studiem reacţia de condensare dintre benzoină şi aminofenoli.

In lucrarea de faţă prezentăm rezultatele obţinute la condensarea benzoinei cu m- şi p-aminofenol.

Condensarea benzoinei cu aminofenolii respectivi am făcut-o în prezenţa unui amestec de clorură de zinc anhidră cu acid acetic glacial, la fierbere sub refrigerent de aer, timp de cca. 3 ore. După răcire, am obţinut în fiecare caz, o masă solidă, care a fost supusă la purificare şi separarea componentelor de reacţie, aşa cum se arată în partea experimentală.

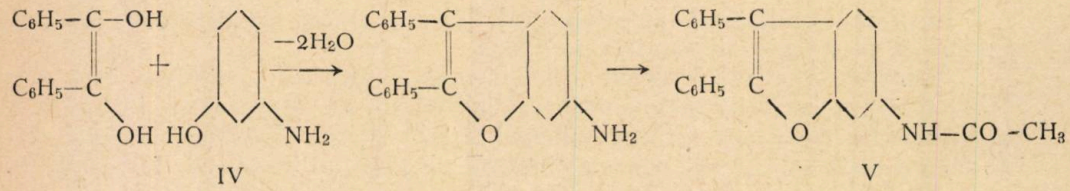
Condensarea benzoinei cu meta-aminofenol.

In cazul condensării benzoinei cu m-aminofenol s-au luat în reacţie două molecule de m-aminofenol la o moleculă de benzoină şi a rezultat un produs brut în cantitate dublă faţă de benzoina introdusă în reacţie.

Prin digerare cu benzen la rece, acest produs l-am separat în doi componenţi, unul solubil în benzen şi altul insolubil.

A. Filtratul benzenic a fost evaporat la sicitate şi reziduul apoi solvit în acid acetic glacial. Prin precipitarea cu apă a soluţiei acetice s-a separat un produs amorf, care a fost purificat prin solvire în eter, evaporare, reziduul solvit în acid acetic şi precipitare cu apă. La analiza acestui produs s-au obţinut date procentuale, care se situiază intermediar între două formule empirice, una $C_{20}H_{15}ON$ şi alta $C_{22}H_{17}ON$.

Pentru interpretarea acestui fapt, presupunem că în prima fază benzoina reacţionează cu o moleculă de m-aminofenol, conducînd la un derivat cumaronic (IV), care ar fi : *2,3-difenil-6-amino-cumaronă,* cu formula empirică $C_{20}H_{15}ON$:



IV V

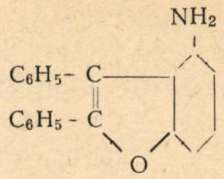
De oarece reacţia se face în acid acetic glacial în prezenţa clorurei de zinc anhidră, produsul (IV) trece în derivatul acetilat (V), care este : *2,3-difenil-6-acetilamino-cumaronă,* cu formula empirică $C_{22}H_{17}ON$.

Ar mai fi posibilă închiderea unui ciclu pirolic prin eliminarea de apă între grupa OH a benzoinei şi grupa NH_2 din aminofenol. In acest caz s-ar fi format intermediar un produs cu grupă fenolică liberă şi produsul ar fi fost solubil în hidraţi alcalini. Acest fapt nu s-a constatat însă.

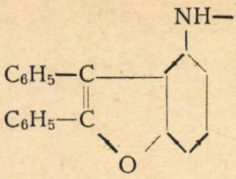
Amestecul format din produsul IV şi V se separă greu în componenţi. La digerare cu acid clorhidric, acesta extrage o mică parte de produs care precipită cu hidraţi alcalini. Acest fapt ar indica prezenţa produsului cu grupă aminică liberă. Cum însă în general solvirea clorhidraţilor aminelor cu nuclee complexe este grea, pe această cale nu s-au putut separa complet cele două produse.

Pentru a ne convinge dacă în adevăr în amestec există produs cu grupa aminică liberă şi produs acetilat, am procedat la acetilarea totală în prezenţa anhidridei acetice. De data aceasta s-a obţinut un produs unitar, care după datele analitice corespunde produsului (V) : $C_{22}H_{17}ON$.

In reacţia dintre benzoină şi m-aminofenol ar mai putea naşte şi un alt izomer al produsului (IV), anume : *2,3-difenil-4-aminocumaronă* (IV_1), precum şi derivatul acestuia acetilat : *2,3-difenil-4-acetilamino-cumaronă* (V_1) :



IV1



V1

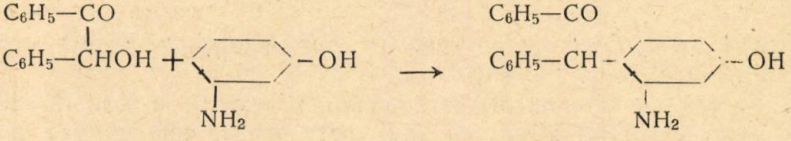
Noi n-am putut pune în evidenţă prezenţa unor compuşi izomeri. Rămîne totuşi o întrebare deschisă, care din cei doi izomeri s-ar forma în realitate. Totuşi închiderea ciclului cumaronic între benzoină şi nucleul benzonic pare mai probabilă, prin labilizarea atomului de hidrogen benzenic din poziţia orto-faţă de grupa OH şi para-faţă de grupa NH_2, decît labilizarea atomului de hidrogen din poziţia orto-faţă de ambele grupe. Aşa dar, ar fi mai posibilă formarea produselor IV şi V.

B. Produsul insolubil, obţinut la digerarea masei brute de reacţie în benzen, de culoare roşie închis, a fost solvit în alcool la rece. Filtratul roşu-închis, cu intensă fluorescenţă verde, precipitat prin picurare în apă rece acidulată cu acid clorhidric, separă produs amorf, roşu închis.

La purificarea acestui produs se obţine un colorant, care colorează lîna, mătasa şi bumbacul în culoare fraise, iar din apele de purificare se separă, în cantitate foarte mică, un produs, care colorează lîna, mătasea şi bumbacul în culoare galben-oranj. Acest produs n-a putut fi încă studiat.

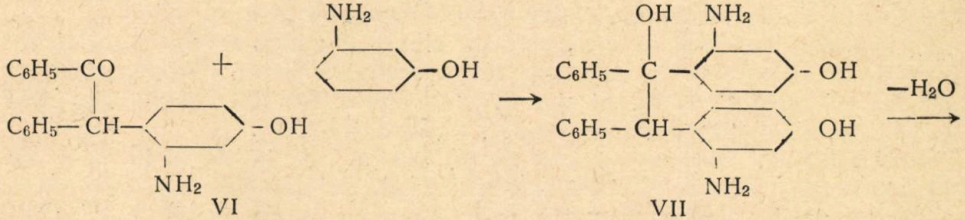
Produsul roşu, care colorează fraise, are după datele analizelor compoziţia: $C_{30}H_{26}O_4N_2$.

Pentru a se forma un produs cu această formulă empirică, presupunem că benzoina reacţionează, în prima fază, prin condensare cu o moleculă de m-aminofenol, conducînd la un derivat desilic, după schema:



VI

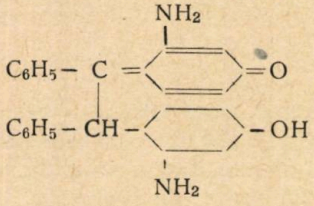
Produsul format, 4-desil-3-aminofenol (VI), în faza următoare, adiţionează la grupa carbonilică o altă moleculă de m-aminofenol, formînd produsul (VII):



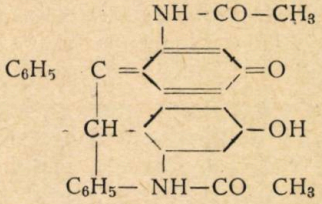
VI VII

Produsul VII apare ca un derivat carbinolic de difenilmetan şi anume: *[fenil-(2-amino-4-oxifenil)-metil]-fenil-(2-amino-4-oxifenil)-carbinol.*

Reacţia avînd loc în mediu de acid acetic glacial şi în prezenţa clorurei de zinc anhidre, produsul VII poate elimina o moleculă de apă îmbrăcînd formă chinonică şi apoi suferă acetilare la grupele aminice. S-ar obţine astfel produsele VIII şi IX:



VIII



IX

Formele chinonice VIII şi IX, derivate din produsul VII, explică şi caracterul de colorant al acestor substanţe.

Formula empirică $C_{30}H_{26}O_4N_2$, stabilită prin analize, corespunde structurei IX.

Structura acestui colorant este analoagă structurei auraminei, care este tot un colorant de difenilmetan, numai că în cazul nostru structura colorantului este mult mai complexă.

Condensarea benzoinei cu para-aminofenol.

Reacţia a fost făcută tot în prezenţa unui amestec de clorură de zinc cu acid glacial.

Para-aminofenolul a fost luat în cantitate de 2 molecule pentru o moleculă de benzoină.

După condensare, a rezultat o masă solidă la rece, de culoare verde închis, în cantitate de 1,25 ori mai mare raportat la benzoina folosită în reacţie.

Această masă, fiind un amestec de componenţi, s-a supus separării, prin digerare cu diverşi solvenţi.

C. *Separarea componentelor.* Masa de reacţie a fost digerată cu alcool la rece. Alcoolul solvă cea mai mare parte, colorîndu-se în violet închis. Soluţia alcoolică prezintă o intensă fluorescenţă albastru-azur. Pe filtru rămîne un produs galben, cristalin, în cantitate de cca. 1/5 din masa de reacţie.

D. Soluţia alcoolică s-a evaporat la sicitate. Din reziduul astfel obţinut am separat doi produşi: unul solubil uşor în eter la rece, cu culoare roşie-brună şi fluorescenţă albastră şi altul insolubil în eter.

Produsul insolubil în eter, colorat albastru închis, se solvă în alcool la cald, cu culoare violet închis şi fluorescenţă albastră. Acesta purificat prin solviri repetate în alcool şi precipitări succesive din soluţie alcoolică cu apă, după analize are compoziţia: $C_{36}H_{29}O_5N$ (XII).

Din filtratul eteric se separă un produs solubil în alcool la rece, cu culoare verde. Prin precipitări succesive din soluţie alcoolică cu apă se obţine un produs amorf, verzui, care după analiză are compoziţia $C_{36}H_{27}O_3N$ (XIII).

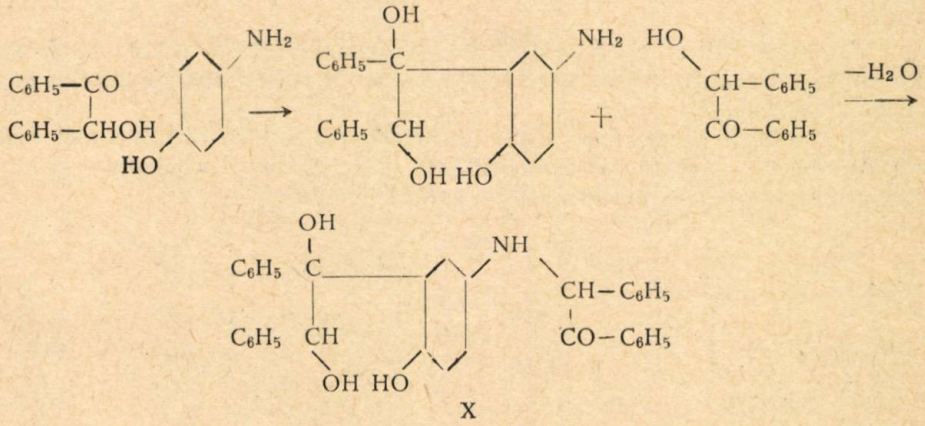
E. Produsul galben de la punctul **C** se solvă în benzen la cald şi la răcire cristalizează din soluţia benzenică acicular, în buchete albe, mătă-

soase. Soluţia benzenică a produsului pur este incoloră şi prezintă o intensă fluorescenţă violet-albastră. Benzenul aderă la cristali. Este benzen de cristalizare, care se pierde la uscare la aer pe încetul, iar la 105° în cca. 2 ore. Prin pierderea benzenului de cristalizare, produsul cristalin alb se transformă în produs microcristalin alb-gălbiu.

Produsul analizat după îndepărtarea benzenului de cristalizare corespunde formulei empirice : $C_{34}H_{23}ON$ (XIV).

Pentru explicarea formării şi structurii produselor presupunem mecanismul de reacţie următor :

In prima fază ar reacţiona două molecule de benzoină cu o moleculă de p-aminofenol, conducînd la un produs intermediar (X), ce se formează prin adiţia p-aminofenolului la grupa CO din molecula benzoinei. Urmează apoi condensare între grupa OH din altă moleculă de benzoină şi grupa NH_2 din p-aminofenol, după schema :

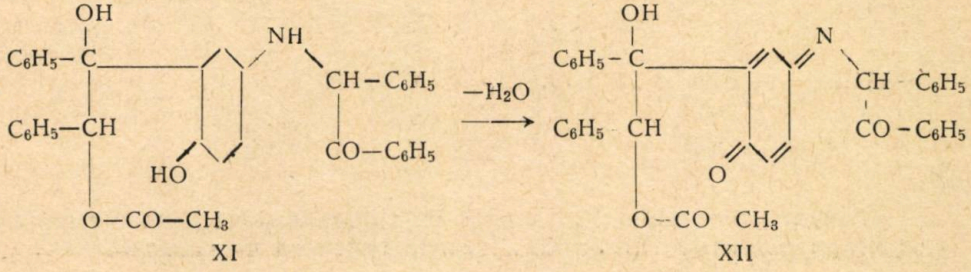


X

Formarea produsului (X) ar putea avea loc succesiv sau dintr-odată. Acest produs l am putea numi : *N-desil -2 (feniloximetil-fenil-carbinolil)-p-aminofenol.*

Acest produs poate suferi mai departe transformări în trei feluri :

1. De oarece reacţia se petrece în prezenţa acidului acetic şi a clorurei de zinc, produsul intermediar (X) se poate acetila la grupa OH a primului radical benzoinic, formînd produsul (XI) care ar fi : *N-desil-2-(fenilacetometil-fenil-carbinolil)-p-aminofenol,* iar acesta prin oxidare ar conduce la produsul (XII) ce s-ar numi : *N-desil-2-(fenilacetometil-fenil-carbinolil)-p-benzochinonimină :*

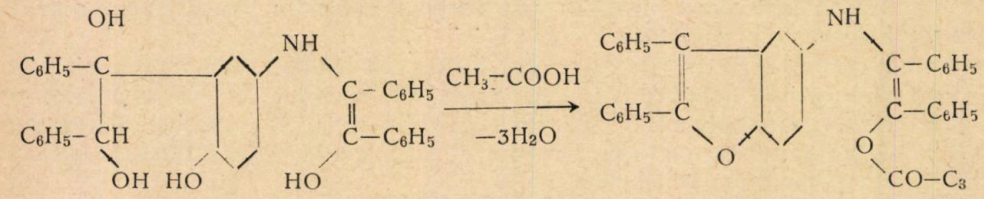


XI XII

Structura XII corespunde produsului albastru închis, care după datele analizelor are compoziţia : $C_{36}H_{29}O_5N$.

Culoarea albastră s-ar datori formei structurale chinoidice.

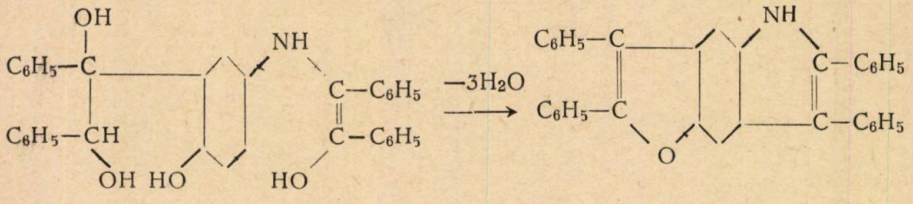
2. Tot din cauza mediului deshidratant, produsul (X) poate suferi acetilare în al doilea radical benzoinic, concomitent cu eliminarea a două molecule de apă, închizînd astfel un ciclu cumaronic, conform schemei :



X XIII

Produsul XIII ar fi : *5-acetildesil-amino-2,3-difenil-cumaronă.* Acesta este produsul amorf verzui, căruia îi corespunde după datele analizelor compoziţia : $C_{36}H_{27}O_3N$.

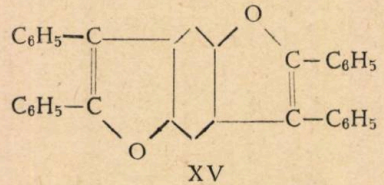
3. Produsul (X) se mai poate deshidrata şi direct, pierzînd trei molecule de apă cu închiderea concomitentă a unui ciclu cumaronic şi altul pirolic, conducînd la produsul XIV, după schema :



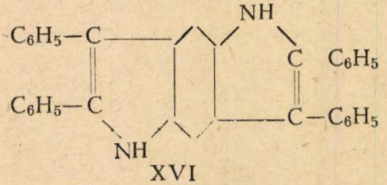
X XIV

Structura XIV, corespunde produsului cristalin, alb-gălbui, care după datele analizelor are compoziţia : $C_{34}H_{23}ON$ şi s-ar numi : *4',5'-difenilpirolo-2',3'-5,6-(2,3-difenil)-cumaronă*, sau *tetrafenil-benzopirol-furan.*

Această interpretare de structură a produsului XIV este în deplină concordanţă cu modul de formare a *tetrafenil-benzodifuranului,* XV, la condensarea benzoinei cu hidrochinona [3, p. 1041]. şi cu *tetrafenilbenzodipirolul,* XVI, obţinut la condensarea benzoinei cu p-fenilendiamina [3, p. 1044].



XV



XVI

Obţinerea produsului XIV constituie o dovadă şi de justa interpretare a structurei produselor XII şi XIII, formate împreună cu produsul XIV.

Concluzii

Benzoina condensează cu m- şi p-aminofenol la încălzire pe baie de aer în prezenţa unui amestec de clorură de zinc anhidră si acid acetic glacial.

In cazul condensării benzoinei cu m-aminofenol se obţine 2,3-difenil-6-aminocumaronă, eventual izomerul acestuia, adică 2,3-difenil-4-aminocumaronă şi derivaţii lor acetilaţi la azot, precum şi un colorant, derivat de difenil-metan, care colorează lîna, mătasea şi bumbacul din baie acidă în fraise.

La condensarea benzoinei cu p-aminofenol între produsele de reacţie s-au identificat : un produs de culoare albastru închis, N-desil-2-(fenilacetometil-fenil-carbinolil-p-benzo-chinonimină, — un produs acetilat, 5-acetildesil-amino-2,3-difenil-cumaronă — şi un produs triciclic, 4',5'-difenil-pirolo-2'-3'-5,6-2,3-difenil)-cumaronă sau tetrafenil-benzopirol-furan.

PARTEA EXPERIMENTALĂ

Condensarea benzoinei cu m-Aminofenol

Un amestec de 6 g benzoină, 8 g m-aminofenol, 8 g clorură de zinc anhidră se umectează cu 5 cmc acid acetic glacial şi se fierbe la reflux. La început mediul de reacţie este de culoare roşietică, uşor fluid, omogen, dar pe măsura încălzirii, culoarea se închide şi după trei ore de fierbere se formează un sirop roşu închis, care la răcire se întăreşte într-o magmă roşie închis.

Produsul de reacţie se spală cu apă la cald pentru îndepărtarea clorurei de zinc, a acidului acetic şi a m-aminofenolului nereacţionat. Produsul spălat, se sfarmă uşor la rece într-o pulbere roşie închis. Randament : 12,2 g.

Produsul brut este solubil la rece în alcool metilic, alcool etilic, acid acetic glacial, dînd soluţii roşii cu intensă fluorescenţă verde. Se solvă parţial, în apă, soluţia apoasă este galbenă cu fluorescenţă verde intens. Se solvă parţial în benzen, în eter, dînd soluţii tot fluorescente.

Produsul brut este un amestec de componenţi.

SEPARAREA COMPONENTELOR

2,3-difenil-6-aminocumaronă (IV) *şi derivatul său N-acetilat* (V)

Produsul brut uscat, se digeră cu benzen la rece, se filtrează. Soluţia benzenică se evaporă la sicitate şi reziduul se solvă la rece în acid acetic glacial, se filtrează. Soluţia acetică se picură în apă distilată răcită cu ghiaţă, slab acidulată cu acid clorhidric. Precipită un produs galben-cărămiziu, amorf: Randament 4,7 g.

Produsul brut se purifică prin solvire în eter şi filtrare. Pe filtru rămîne un mic reziduu brun închis. Filtratul eteric se evaporă la sicitate, iar reziduul se solvă în acid acetic glacial la rece şi se precipită cu apă acidulată cu acid clorhidric. După repetate solviri şi precipitări se obţine produsul pur, sub formă de pulbere voluminoasă, gălbuie. Punct de topire 101° cu înmuiere de pe la 73°.

Datele analizelor dau valori intermediare între elementele produsului IV, 2,3-difenil-6-aminocumaronă, cu formula empirică $C_{20}H_{15}ON$ şi derivatul său N-acetilat : $C_{22}H_{17}O_2N$.

$C_{20}H_{15}ON$	(285)	Calc.	C 83,83%	H 5,26%	N 4,91%
$C_{22}H_{47}O_2N$	(327)	Calc.	C 80,73%	H 5,19%	N 4,30%
		Găsit.	C 81,67%	H 5,34%	N 5,29%
			C 81,44%	H 5,38%	N 5,28%
			C 82,10%	H 5,56%	

Ar rezulta că produsul analizat este un amestec de 2,3-difenil-6-aminocumaronă şi derivatul său acetilat. Separarea acestora este grea. La digerare cu acid clorhidric, acesta extrage o mică parte de produs, care precipită cu hidraţi alcalini. Acest fapt ar indica prezenţa produsului cu grupă aminică liberă. Cum însă, în general, solvirea clohidraţilor aminelor cu nuclee complexe este grea, pe această cale n-am putut separa complet cele două produse.

Pentru a decide dacă este un amestec de produs aminat cu derivatul său N-acetilat, am urmărit să facem acetilarea totală, prin fierbere cu anhidridă acetică. Produsul rezultat, după datele analitice, are o compoziţie destul de apropiată de a produsului acetilat : $C_{22}H_{17}O_2N$.

Analize: Găsit : C 79,59% H 5,29% N 4,52%
C 79,63% H 5,04% N 4,62%

Cu toate că procentual sînt oarecare diferenţe între datele calculate şi cele găsite, scăderea procentuală a tuturor elementelor C, H şi N arată că produsul iniţial a suferit acetilare înaintată. Oarecare diferenţe între datele calculate şi cele găsite la analiză provin şi din starea produselor, care fiind complet amorfă, presupune greutăţi mai mari de purificare.

Derivat chinonic acetilat (IX)
al [fenil-(2-amino-4-oxifenil)-metil]-fenil-(2-amino-4-oxifenil)-carbinol, colorant.

Produsul roşu închis, insolubil în benzen, rămas la separarea produselor IV şi V, se solvă în alcool etilic la rece cu culoare roşie şi fluorescenţă verde. Filtratul alcoolic se picură în apă acidulată cu acid clorhidric, răcită la ghiaţă. Precipită un produs amorf, roşu închis, cca. 3,2 g.

Acest produs se purifică prin digerare la rece cu eter, în care se solvă substanţele ce-l impurifică. Reziduul se solvă în alcool şi se precipită cu apă acidulată cu acid clorhidric, la rece. Purificarea se face repetînd aceste operaţii şi spălînd final precipitatul cu apă distilată pînă la dispariţia ionului de clor. Produsul pur, de culoare roşie închis, este amorf, se topeşte la 255° cu înmuiere dela 250°. Este solubil în acid acetic glacial, alcool, acetonă, chiar la rece. Din apă slab acidulată cu acid acetic colorează în fraise lîna, mătasea şi bumbacul.

Analize :

$C_{30}H_{26}O_4N_2$	(478)	Calc.	C 75,31%	H 5,44%	N 5,85%
		Găsit.	C 74,55%	H 5,35%	N 5,67%
			C 74,70%	H 5,43%	N 6,02%

In apele cu fluorescenţă verde, de la separarea acestui produs rămîne o substanţă, care are de asemenea caracter de colorant şi colorează în galben lîna, mătasea şi bumbacul. Acest produs n-a fost încă cercetat.

Condensarea benzoinei cu p-aminofenol

Un amestec de 6 g benzoină, 8 g p-aminofenolsulfat, 8 g clorură de zinc anhidră se umectează cu 5 cmc acid acetic glacial şi se fierbe la reflux cca 3 ore.

Mediul iniţial lăptos gălbui trece treptat pe măsura încălzirii într-un sirop omogen, brun închis, care la rece se solidifică într-o magmă verde închis.

Masa de reacţie se spală cu apă la cald pentru îndepărtarea clorurei de zinc, a acidului acetic şi a p-aminofenolului nereacţionat. Produsul spălat, se sfarmă uşor la rece într-o pulbere verde închis. Randament 8,1 g.

Produsul brut este un amestec de mai mulţi componenţi.

SEPARAREA COMPONENTELOR

Produsul brut, uscat, se digeră cu alcool la rece şi apoi se filtrează. Soluţia alcoolică are culoare violet închis şi prezintă o intensă fluorescenţă albastră-azur. Pe filtru rămîne cca 1,5 g produs galben, cristalin.

Soluţia alcoolică se evaporă la sicitate, reziduul se digeră cu eter şi se filtrează. Filtratul eteric este roşu-brun şi are fluorescenţă albastră.

N-desil-2-(fenilacetometil-fenil-carbinolil)-p-benzochinonimină. (XII)

Produsul insolubil în eter, de la punctul precedent, se solvă în alcool la cald, cu culoare violet-închisă şi fluorescenţă albastră. Prin evaporarea soluţiei la volum mic şi picurarea ei în apă rece, se separă un produs pulverulent, albastru închis.

Pentru analiză produsul se purifică prin solviri repetate în alcool, urmate de precipitare cu apă. Randament : 0,6 g. Se topeşte la 166° cu înmuiere începînd de la 140°.

Analize :

$C_{86}H_{29}O_5N$ (555) Calc. C 77,83% H 5,22% N 2,52%
Găsit. C 77,87% H 5,14% N 3,00%
C 77,57% H 5,02% N 3,46%

5-N-acetildesilamino-2',3-difenil-cumaronă. (XIII)

Filtratul eteric obţinut la separarea componentelor se evaporă la sicitate şi reziduul se solvă în alcool. Soluţia alcoolică, filtrată, se evaporă la volum mic şi se picură în apă rece. Precipită un produs verde deschis. Purificarea se face prin solviri în eter, evaporare la sicitate, solvire în alcool şi precipitare cu apă. Randament 4,5 g. Punct de topire 90°, cu înmuiere de la 65°.

Analize :

$C_{36}H_{27}O_3N$ (521) Calc. C 82,91% H 5,18% N 2,68%
Găsit. C 83,17% H 5,06% N 3,08%
C 82,98% H 5,23% N 3,16%

4',5'-difenilpirolo-2',3'-5,6-(2,3-difenil)-cumaronă. (XIV)
sau *tetrafenil-benzo-pirol-furan.*

Produsul galben obţinut la separarea componentelor este insolubil în alcool, în acid acetic glacial, acetonă, acetat de etil, chiar la cald. Se solvă la cald în cloroform, benzen, toluen, din care cristalizează. Din soluţia ben-

zenică se obţin la prima cristalizare ace albe-verzui. După purificare, prin recristalizări din benzen se obţin buchete aciculare incolore, fine, mătăsoase. Soluţia benzenică de substanţă pură, în diluare mare este incoloră şi prezintă o intensă fluorescenţă vi let-albastră. Benzenul aderă puternic la cristali, sub formă de benzen de cristalizare, pe care-l cedează pe încetul, parţial prin uscare la aer.

Pentru analiză produsul se usucă la temperatura de 105° pînă la greutate constantă. Prin uscare, cristalii albi pierd complet benzenul şi se transformă în produs cristalin alb gălbui. Punct de topire 270-271°.

Analize:

$C_{34}H_{23}ON$ (461) Calc. C 88,50% H 4,99% N 3,03%
Găsit. C 88.45% H 5,12% N 3,50%
C 88,40% H 5,15% N 3,38%

Catedra de Chimie Organică

BIBLIOGRAFIE

1, Matei I., Cocea E. şi Tutoveanu M., Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Polit. Iaşi, 1954, t. I, 1-2, p. 95.
2. Matei I., Cocea E. şi Lixandru T., Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Polit. Iaşi, 1955, t. II, 1-2, p.
3. Japp, Meldrum, Soc. 75.

КОНДЕНСАЦИЯ БЕНЗОИНА С МЕТА- И ПАРА-АМИНОФЕНОЛОМ

(Краткое содержание)

Бензоин конденсирует с m- и p-аминофенолом при нагревании на водяной бане в присутствии смеси безводного хлористого цинка и уксусной кислоты.

В случае конденсации бензоина с m-аминофенолом получается 2,3 дифенил-6-амино-кумарон, возможно его изомер а именно : 2,3 дифенил-4-аминокумарон и их ацетилированные у азота производные, а также краситель, производный дифеннилметана, который окрашивает шерсть, шёлк и хлопок из кислой ванны в клубничный цвет.

В случае конденсации бензоина с p-аминофенолом среди продуктов реакции были идентифицированы : продукт тёмноголубого цвета, *N*-дезил-2 (фенилацетометил - фенил-карбинолил) - p-бензохинон-имин, ацетилированный продукт, 5-ацетилдезил-амино-2,3-бифенил кумарон и трициклический продукт, 4',5', дифенилпироло-2',3'-5,6-(2,3-дифенил)-кумарон или тетрафенилбензопирол фуран.

KONDENSATION VON BENZOIN MIT m- UND p-AMINOPHENOL CUMARONDERIVATE.

(Zusamenfassung)

Benzoin kondensiert sich mit m- und p-Aminophenol beim Erhitzen auf Luftbade, in Gegenwart von wasserfreiem Zinkchlorid und Eisessig.

Im Falle der Kondensation von Benzoin mit m-Aminophenol, findet die Reaktion in molaren Verhältnissen statt. Durch Digerieren

der Reaktionsmasse mit Benzol erhält man einen im Benzol löslichen und einen im Benzol unlöslichen Teil. Aus dem löslichen Teil erhält man ein Produkt, das man als *2.3-Diphenyl-6-amino-cumaron* (IV) und dessen Acetylderivat (V) annehmen kann. In der Reaktion könnten sich auch das Isomere *2,3-Diphenyl-4-amino-cumaron* (IV_1) und dessen Acetylierungsprodukt (V_1) bilden. Die Gegenwart solcher isomeren Verbindungen wurde nicht festgestellt.

Bei der Kondensation von Benzoin mit p-Aminophenol, nehmen ein Mol. Benzoin und zwei Mol. p-Aminophenol teil. Durch Digeriren mit Alkohol, trennt sich die Reaktionsmasse in zwei Teilen ab.

Aus der alkoholischen Lösung enthält man ein im Aether unlösliches blaues Produkt das man als *N-Desyl-2-(phenylacetomethyl-phenyl-carbinolyl)-p-benzochinon-imin* (XII) annehmen kann und ein im Aether lösliches Produkt, das als *5-Acetyldesyl-amino-2,3 diphenyl-cumaron* (XIII) erscheint.

Aus dem im Alkohol unlöslichen Teil ergibt sich ein gelbes nadelförmigkristallinisches Produkt, das man als *4'.5'-Diphenylpyrrolo-2'.3'-5.6-(2.3-diphenyl)-cumaron* oder *Tetraphenyl-benzopyrrol-furan* (XIV) ansehen kann.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

UN NOU COLORANT PE BAZĂ DE m-AMINOFENOL

DE

ILIE MATEI şi ELENA COCEA

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

In literatură se cunosc indicaţii după care m-aminofenolul singur sau condensat cu diverse substanţe, conduce la produse colorante.

Astfel la încălzirea m-aminofenolului cu sulf la temperatura de 200° se obţine un colorant negru-brun [1].

La încălzire cu hidrochinonă şi sulf, la 200°, rezultă un colorant negru [2].

Cu anhidridă ftalică, în prezenţa acidului sulfuric concentrat, la 180-200°, m-aminofenolul dă un colorant din clasa rodaminelor [3].

La încălzirea m-aminofenolului cu clorhidrat de p-nitrosodimetilanilină se obţine un colorant care colorează în gri-negru bumbacul tanat [4].

Un amestec de m-aminofenol cu p-fenilendiamină sau p-aminofenol încălzit cu sulf la 200° da un colorant negru [5].

Din cele expuse mai sus reiese că, în unele condiţii, m-aminofenolul singur poate duce la substanţe colorante.

Intr-o lucrare anterioară [6], comunicată la Institutul de Chimie al al Academiei R.P.R., Filiala Iaşi, noi am studiat problema transformărilor şi regrupărilor structurale ale o- şi p-nitrofenolului, sub acţiunea acidului sulfuric concentrat şi a sulfului, obţinînd coloranţi de tip naftazarinic.

In lucrarea de faţă am urmărit să vedem în ce mod se comportă *m-aminofenolul* la încălzire cu un amestec de acid sulfuric $d = 1,84$ şi sulf.

Amestecînd m-aminofenol cu sulf şi acid sulfuric se formează sulfatul aminei cu degajare de căldură, temperatura urcînd pînă la 100-110°. Amestecul a fost încălzit apoi pe baie de aer, variind temperatura şi timpul de încălzire. După prelucrarea amestecului siropos de reacţie am obţinut un produs negru, pulverulent, care se solvă foarte uşor în hidraţi alcalini diluaţi, cu culoare albastru-închis şi reprecipită cu acizi.

Colorantul se reduce în baie alcalină cu hidrosulfit de sodiu sau cu sulfură de sodiu. Baia redusă are culoare maronie şi colorează, prin oxidare la aer, bumbacul în nuanţe gri-bleu şi mătasa vegetală în culoare albastră pînă la bleumarin. Colorantul se solvă, prin reducere cu soluţie de rongalit şi colorează lîna în gri-bleu.

Rezultate mai bune în privinţa randamentului şi a capacităţii de colorare s-au obţinut atunci cînd încălzirea amestecului de reacţie s-a făcut timp de cca. 4 ore, la temperatura de 170-190°.

Incălzind mai sus, chiar un timp mai scurt, o parte din produsul obţinut nu se mai solvă în hidraţi alcalini nici la reducere. Incălzind mai jos de 170° chiar timp mai îndelungat randamentul în colorant scade.

Produsul este infuzibil şi insolubil în solvenţi organici.

A fost purificat prin solviri repetate în hidrat de sodiu diluat urmate de precipitări cu acid clorhidric.

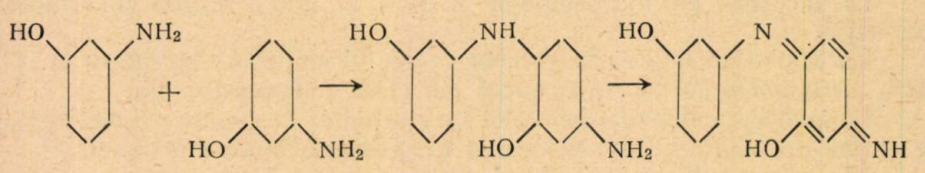
In soluţiile iniţiale de la purificare rămîne solvit, în cantitate mică, un produs ce imprimă soluţiei fluorescenţă verde intensă, iar soluţia colorează lîna galben pînă la brun. Acest produs n-a fost încă cercetat.

La analiza probelor de colorant din diverse preparări am constatat că datele analitice corespund la două formule empirice apropiate, una $C_{24}H_{19}O_{10}N_3S$ şi alta $C_{24}H_{17}O_{10}N_3S$.

Pentru explicarea mecanismului de reacţie şi a structurei produsului obţinut, cea mai acceptabilă posibilitate de interpretare ar fi aceea care urmează şi care sta în strînsă concordanţă cu formarea nigranilinei din anilină [7].

Mediul de acid sulfuric acţionînd oxidant, în prima fază, din două molecule de m-aminofenol s-ar forma un derivat de difenilamină (I) şi anume: *2.3'-dioxi-4-amino-difenilamină.*

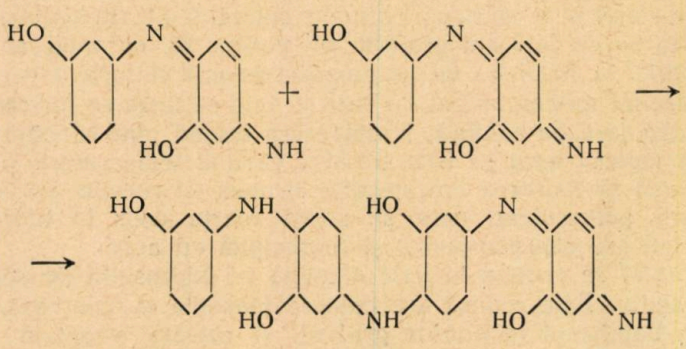
Aceasta ar trece prin oxidare în: *2-oxichinonimin-3'-oxianil* (II), analog cu chinon-imin-anilul ce se formează din anilină:



I II

In faza următoare, două molecule de dioxi-chinon-imin-anil (II) se polimerizează, conducînd la produsul III, analog cu azurina, produs albastru, format prin polimerizarea a două molecule de chinon-imin-anil.

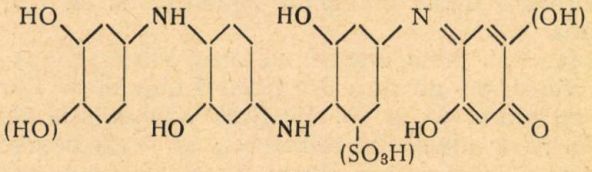
Produsul III s-ar putea numi aşa dar: *tetraoxiazurină.*



III

Mai departe prin hidroliza grupei imice, sulfonare într-un nucleu oarecare şi oxidare însoţită de crearea încă a două grupe OH, produsul

III s-ar transforma în produsul IV, care corespunde formulei empirice: $C_{24}H_{19}O_{10}N_3S$, produs căruia îi propunem denumirea de *albastru de meta-aminofenol.*

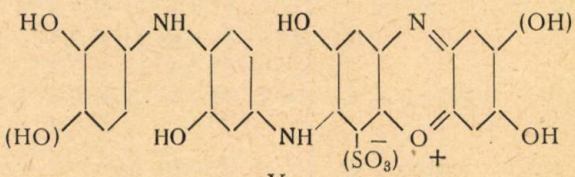


IV

Grupa sulfonică şi grupele OH din paranteze nu au poziţii determinate în privinţa ciclului la care se crează.

Hidroliza grupei iminice este posibilă, de oarece în reacţie se formează apă, iar la separare, produsul este încălzit în mediu acid. Este explicabilă şi sulfonarea, de oarece se lucrează în acid sulfuric concentrat. In ceea ce priveşte crearea de noi grupe OH, în prezenţa acidului sulfuric literatura citează cazuri, de exemplu, hidroxilarea antrachinonei [2].

Capacitatea de colorare în albastru a acestui produs s-ar putea atribui şi închiderei, prin oxidare, a unui ciclu oxazinic între nucleele 3 şi 4. Produsul IV ar trece astfel în produsul V, cu formula empirică : $C_{24}H_{17}O_{10}N_3S$, care diferă puţin de formula empirică a produsului IV :



V

Este cunoscut faptul că, în general, coloranţii oxazinici, ca albastru Capri şi alţii [9] colorează în albastru. Coloraturile făcute cu albastru de meta-aminofenol, preparat de noi, rezistă bine la acizi, baze şi lumină.

Concluzii. La încălzirea m-aminofenolului cu acid sulfuric, $d=1{,}84$ şi sulf, se obţine un produs negru, care colorează în albastru pînă la bleu-marin mătasa vegetală şi în gri-bleu bumbacul, în baie alcalină redusă cu hidrosulfit de sodiu sau cu sulfură de sodiu.

Produsul colorează de asemenea în gri-bleu lîna, din baie neutrală cu rongalit.

Culoarea se fixează bine pe fibre şi este rezistentă la acizi, baze şi lumină.

Mecanismul de formare al acestui produs este asemănător formării azurinei, ce duce la nigranilină, plecînd din anilină.

In structura colorantului este posibil să existe şi un nucleu oxazinic.

PARTEA EXPERIMENTALĂ

Albastru de meta-aminofenol

La 10 g de m-aminofenol şi 2 g de sulf se adaogă treptat amestecînd 25 cmc acid sulfuric $d=1{,}84$. Se formează sulfatul aminic cu degajare de căldură, temperatura ajungînd 100-110°.

Amestecul se încălzeşte pe baie de aer timp de 4 ore, la temperatura 170-190°. Reacţia se controlează luînd probe care trebuie să se solve complet în hidrat de sodiu diluat cu culoare albastră închisă şi să dea cu acid clorhidric diluat precipitat abundent şi cît mai intens colorat în albastru negru.

In timpul reacţiei, masa devine un sirop vîscos. După răcire, cît mai e încă fluid se varsă pe ghiaţă. Precipitatul obţinut se filtrează, se solvă chiar pe filtru cu hidrat de sodiu diluat şi apoi soluţia alcalină se precipită cu acid clorhidric diluat. Se filtrează şi se spală precipitatul.

Filtratul este colorat galben-roz şi prezintă o puternică fluorescenţă verde.

După uscarea precipitatului se obţine un produs negru, amorf sub formă de pulbere fină, infuzibil şi insolubil în solvenţi organici. Randament 7,5 g.

Pentru analiză, produsul a fost extras cu sulfură de carbon pentru a îndepărta eventuale urme de sulf şi apoi a fost solvit repetat în hidrat de sodiu diluat şi precipitat cu acid clorhidric, ultima dată spălînd precipitatul pînă la dispariţia ionului de clor.

Precipitatul, fiind foarte fin, filtrează greu. Prin fierbere se mai aglomerează şi filtrarea se face mai uşor.

Analize :

$C_{24}H_{19}O_{10}N_3S$ (541)	Calc.	C 53,27%	H 3,51%	N 7,76%	S 5,91%
Produs IV	Găsit	C 52,62%	H 3,86%	N 7,52%	S 5,63%
		C 52,82%	H 3,59%	N 7,98%	
		C 52,21%	H 3,73%	N 7,71%	
$C_{24}H_{17}O_{10}N_3S$ (539)	Calc.	C 53,43%	H 3,16%	N 7,79%	S 5,93%
Produs V					

Produsul negru obţinut se solvă foarte uşor, la rece, în hidrat de sodiu diluat, cu culoare albastră închisă. Soluţia alcalină, prin reducere cu hidrosulfit de sodiu sau cu sulfură de sodiu, se decolorează căpătînd o nuanţă marinie.

Din baia alcalină colorantul redus este absorbit pe bumbac şi mătasă vegetală. La aer, prin oxidare, bumbacul se colorează în nuanţe de gri-bleu, iar mătasa vegetală în nuanţe de la albastru pînă la bleumarin.

Colorantul se reduce în soluţie neutrală de rongalit şi colorează lîna în gri-bleu.

In toate cazurile colorantul aderă bine la fibră. Culoarea e rezistentă la acizi, baze şi lumină. Colorantul are bune calităţi pentru a putea fi folosit în practică.

Catedra de Chimie Organică

BIBLIOGRAFIE

1. Vidal, D. R. P. 107, 236, C. 1900 I, 880.
2. Dt. Vidal Farbst. A—G. D. R. P. 114, 802, C. 1900 II, 932.
3. Bad. Anilin-u-Sodafabr. D. R. P. 44.002, Frdl. 2,68, B. 32.2120.
4. Ges. f. chem. Ind. D. R. P. 55.059, Frdl. 2,185.
5. Cassella et Co. D. R. P. 103.646. C 1899 II, 639.
6. Matei I, Cocea E., Tutoveanu M., Comunicare prezentată la Inst. Chimie-Academia R. P. R., Filiala Iaşi, 29 dec. 1954.
7. Willstätter, B *40*, 2665, B *42*, 4123.
8. — B *29* R. 988.
9. G. Schultz, *Farbstofftabellen*, Bd. II, s. 430.

НОВЫЙ КРАСИТЕЛЬ ИЗ *m*-АМИНОФЕНАЛА

(Краткое содержание)

При нагревании *m*-аминофенола с серной кислотой уд. в 1,84 и серой получается продукт чёрного цвета, который окрашивает искусственный шёлк в голубой до тёмно-синяго и хлопок в серо-синний тона из щёлочной ванны, восстановленной гидрасульфитом натрия или же сернистым натрием.

Продукт окрашивает также шерсть в серо-голубой тон из рангалитовой ванны.

Окраска фиксируется хорошо на волокна и храчна к кислотам, щёлочам и свету.

Механизм образования этого продукта аналошлен образованию азурина из анилина, которое ведёт к нигранилину.

Возможно, что в структуре красителя имеется оксазиновое ядро.

EIN NEUER FARBSTOFF AUS m-AMINOPHENOL

(Zusammenfassung)

Beim Erhitzen einer Mischung von m-Aminophenol, Schwefel und Schwefelsäure $d = 1{,}84$, auf Luftbade erhält man ein schwartzes Produkt, welches eine gute farbende Eigenschaft bezitzt.

Die Reaktion dauert vier Stunden, bei einer Temperatur von 170°–190° an.

Dans Produkt löst sich beim Reduzieren mit Natriumhydrosulfit oder Schwefelnatrium in alkalischem Bade auf, und aus diesem Bade zieht es auf Kunstseide und Baumwoll eine orange Farbe auf. Durch Oxidation an der Luft, wird die Kunstseide blau bis dunkelblau und die Baumwolle grau-blau.

Das Produkt färbt auch die Wolle in grau blau, aus neutralem mit Rongalit reduzierten Bade.

Die Farbe wird gut auf Fiebern fixiert und ist sauer, alkalien- und licht-echt.

Die Bildung dieses Farbstoffes ist der Bildung von Azurin aus Anilin ähnlich.

Man hat diesem Produkt die Formel IV zugeteilt und den Namen m-Aminophenolblau gegeben. Der Farbstoff könnte auch ein Oxazinring gemäss Formel V enthalten.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢII ÎN PROBLEMA INCLEIERII HÎRTIEI
II. Incleierea în mediu alcalin

DE

CR. SIMIONESCU, V. DIACONESCU, E. CALISTRU, EM. POPPEL, DOREL FELDMAN, MARG. GRIGORAŞ, I. OPREA, ELENA CORLĂŢEANU, N. ASANDEI, AGATA CERNĂTESCU şi IULIUS WENGER

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12 — 13 februarie 1955

I. Consideraţiuni generale

a. *Prezentarea problemei încleierii în general.* Incleierea hîrtiei şi cartoanelor este o problemă care interesează atît teoretic cît şi practic industria de specialitate. In domeniul teoretic încleierea hîrtiei este mult discutată în ultimii ani. Este suficient să menţionăm lucrările lui S. S. Voiuţki şi a colaboratorilor săi [1]—[9], lucrări care duc la crearea unei noi teorii în încleierea hîrtiei „teoria coloidală" [10]. De asemenea prezintă interes lucrarea *Bazele teoretice ale dispersiei coloidale a colofoniului* [11], precum şi observaţiile făcute de unii cercetători în legătură cu teoria coloidală a încleierii hîrtiei [12].

Este ştiut faptul că pornind de la o critică a teoriilor existente a încleierii, S. S. Voiuţki prezintă încleierea ca un proces coloidal de homo şi hetero-coagulare. Teoria lui atribuie o importanţă deosebită rolului răşinii saponificate în acest proces coloidal, în timp ce alţi cercetători [12] atribuie rol preponderent răşinii libere care reprezintă substanţa de încleiere principală.

Intr-o lucrare publicată în 1954 [13], pornind de la necesitatea de a studia influenţa diferiţilor agenţi de coagulare în procesul de încleiere şi lucrînd cu o emulsie de colofoniu obţinută cu ajutorul ultrasunetelor, am arătat că socotim just punctul de vedere a lui M. E. Berkmann şi D. M. Fliate cu privire la rolul răşinii libere în procesul de încleiere.

Fără îndoială că în lucrările industriale apare important rolul coloizilor protectori, fapt confirmat de cercetările din Republica Populară Ungară [11].

S. S. Voiuţki şi şcoala sa a dat o teorie mai cuprinzătoare decît cele existente, fără însă a se putea spune că ea răspunde tuturor particularităţilor pe care le prezintă practica încleierii hîrtiei.

Noi socotim că prezentarea procesului ca un complex chimico-coloidal deschide perspectiva adîncirii studierii fenomenului şi că sînt de făcut noi cercetări experimentale, care să întărească acest punct de vedere.

Problema prezentată în lucrarea de faţă se integrează tocmai în studiile experimentale care să întregească teoria chimico-coloidală a încleierii hîrtiei.

In ţara noastră nu s-au făcut multe studii în acest domeniu iar aspectele teoretice nu au fost sintetizate într-un punct de vedere unitar, care să reprezinte contribuţia cercetătorilor noştri în încleierea hîrtiei. Cu toate acestea sînt de menţionat mai ales în ultimii ani, o serie de lucrări care au dus la deschiderea discuţiilor asupra acestei probleme [14].

Majoritatea lucrărilor au pornit de la necesitatea înlocuirii parţiale sau totale a colofoniului cu produse naturale sau sintetice, de exemplu acizi naftenici [15], proteine vegetale [16]—[21], clor-parafină [21], clor-motorină, etc.

Alte lucrări au studiat metodele de determinare a gradului de încleiere [22], sau au urmărit încleierea cu răşini naturale [13]. Se poate deci afirma că problema încleierii hîrtiei a început să preocupe pe cercetătorii şi inginerii din R. P. R.

Toate lucrările de pînă acum, au mers pe drumul clasic de încleiere (mediu acid), fapt care nu diminuiază cu nimic valoarea lucrărilor menţionate mai sus, dar care din punct de vedere teoretic şi practic nu pun noi întrebări tehnologiei fabricaţiei hîrtiei.

b. *Prezentarea problemei privind încleierea alcalină a hîrtiei.* Ţinînd seama de vechimea procedeului de încleiere acidă a hîrtiei, la care se adaugă atîtea cercetări de îmbunătăţire şi lărgire a procedeului în domeniul folosirii maselor plastice şi a altor înlocuitori a colofoniului, încercarea de a încleia hîrtia în mediu alcalin, apare curajoasă.

Cu toate acestea, inconvenientele serioase la fabricarea hîrtiei în mediu acid, cum ar fi: coroziunea unor organe ale maşinei, posibilitatea atacării fibrei, sensibilitatea încleierii la variaţii în duritatea apei, şi multe altele fac ca studiile şi aplicaţiile practice ale încleierii hîrtiei în mediu alcalin să nu poată fi ocolite.

De aceea am socotit necesar să reluăm şi să adîncim singurele cercetări făcute în acest domeniu de către M. Chêne [23], [24], care nu au fost aplicate în fabricaţia curentă.

In prima sa lucrare publicată în 1943, M. Chêne dă rezultatele cercetărilor de laborator, a unei metode de încleiere utilizînd colofoniu saponificat, aluminatul de sodiu şi clorura de calciu. El vorbeşte de concluzii adesea curioase „...susceptibile de a prezenta într-o lumină nouă, fenomenele atît de complexe ale încleierii şi poate mai mult să prezinte un interes practic".

In cea de a doua lucrare publicată în 1948, care cuprinde cercetări de chimie aplicată la fabricarea hîrtiei, M. Chêne folosind aceleaşi materiale, scrie textual: „s-a ajuns la o metodă de încleiere care se deosebeşte puţin, în aparenţă, de procedeul obişnuit şi care nu oferă inconvenientele lui. Ea constă din a introduce în momentul încărcării holen-

drelor puţin aluminat care se dizolvă şi hidrolizează repede, făcînd mediul alcalin, apoi după măcinare ca şi în procedeul curent (acid), se adaugă răşina, în sfîrşit sulfatul de aluminiu în cantităţi mici pentru a aduce pH-ul între 6,5 şi 7,2 după caz".

Valoarea lucrărilor lui M. Chêne este deosebită. Procedeul la care ajunge el după cercetări de laborator şi industriale este un procedeu mixt, aluminat — sulfat de aluminiu, procedeu din care se vede că M. Chêne a simţit nevoia de a reduce pH-ul mediului de încleiere cu mult sub cel pe care-l indica în primele cercetări de laborator.

Se pare că în cercetările pe scară industrială M. Chêne a dat importanţă deosebită rolului aluminatului de sodiu în măcinarea pastei de celuloză, cunoscînd deci faptul că mediul alcalin accelerează măcinarea.

De asemenea e de crezut că el a axat cercetările pe linia obţinerii unei hîrtii neutre, menţionînd că procedeul neutru sau slab alcalin, ar putea fi folosit cu succes şi în încleierea hîrtiei cu răşini sintetice.

Unul din noi [25] a arătat în 1952 pe baza lucrărilor lui M. Chêne şi în lumina noilor concluzii asupra teoriilor încleierii hîrtiei, că acest procedeu pune în faţa tehnologilor o serie de probleme noi şi că „...rezolvarea lor ar însemna un pas înainte făcut în industria noastră de hîrtie". Astfel, preocupaţi de această problemă şi de greutăţile semnalate în aplicarea ei, am efectuat o serie de studii de laborator şi în fabrică, studii a căror rezultate fac obiectul lucrării de faţă.

c. *Elementele teoretice ale lucrării.* In legătură cu rolul sulfatului de aluminiu în încleierea hîrtiei s-au dat pînă acum numeroase aplicaţii, parte din ele au fost folosite de noi în lucrările menţionate anterior [16], [17].

Din ele s-a văzut că un rol deosebit în procesul de încleiere îl joacă hidroxidul de aluminiu. De altfel într-un studiu pe care noi l-am făcut pentru compararea comportării sărurilor de aluminiu, alături de alţi electroliţi din aceeaşi subgrupă a sistemului de clasificare a elementelor, se vede că sărurile de aluminiu posedă proprietăţi coagulante superioare asupra răşinei, proprietăţi practic independente de variaţia anionilor [13].

Aşa cum s-a arătat pînă acum, consideraţiile teoretice clasice privind practica actuală a încleierii hîrtiei, nu pot fi extinse decît în mod limitat la încleierea în mediu alcalin. De aceea vom căuta să facem unele precizări în legătură cu teoria încleierii hîrtiei în mediu alcalin.

Elementele de bază care intervin în încleierea hîrtiei sînt fibrele papetare, cleiul şi agentul coagulant.

In încleierea alcalină a hîrtiei după procedeul nostru, încărcarea electrică a fibrelor a rămas neschimbată, adică s-a lucrat cu fibra în aceeaşi stare ca şi în încleierea acidă, spre deosebire de procedeul industrial dat de M. Chêne, care introducînd în holendru aluminat de sodiu peste fibra celulozică, în procesul de măcinare implicit acţionează şi asupra fibrei.

Cleiul folosit de noi, este clei Bewoid care se introduce peste fibra papetară măcinată în aceleaşi condiţiuni ca şi în procedeul acid. Menţio-

năm că M. Chêne foloseşte răşină cu un grad ridicat de saponificare. Nu este lipsit de interes faptul că noi am obţinut încleieri alcaline şi cu emulsii de răşină complet nesaponificată, obţinute prin acţiunea ultrasunetelor.

In concluzie, spre deosebire de cercetările făcute anterior, noi ne găsim în situaţia nemodificării procedeului acid pînă în momentul introducerii ionului aluminiu. De asemenea noi considerăm că şi în încleierea alcalină se pune la fel de adînc problema rolului predominant al răşinii libere.

Ceea ce se poate spune pînă în momentul de faţă — ţinînd seama de date experimentale — în legătură cu procesul de încleiere neutru sau alcalin, din momentul adăugării ionului aluminiu, poate fi sintetizat astfel:

1. Atît în procedeul acid cît şi în procedeele mixt, neutru sau alcalin, formarea hidroxidului de aluminiu joacă un rol hotărîtor.

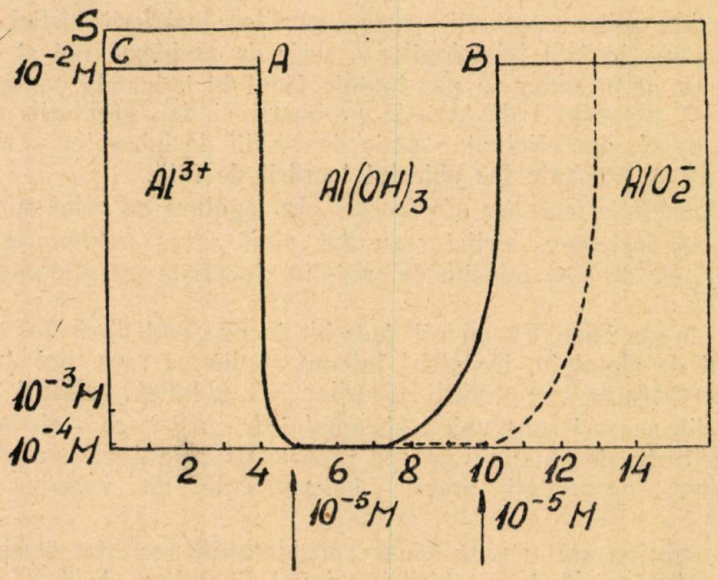


Fig. 1.

2. Studiind curba solubilităţii hidroxidului de aluminiu funcţie de pH (fig. 1) [26], rezultă neîndoios că domeniul de precipitare al hidroxidului de aluminiu este cuprins între 4,1—10,4 şi că între limitele de pH 10,4 pînă la 12 există prezenţi atît hidroxidul de aluminiu cît şi ionul AlO_2.

Aşa dar, acesta este domeniul în care se poate vorbi de influenţa hidroxidului de aluminiu în procesul de încleiere, fapt care rezultă şi din lucrarea noastră *Problema încleierii hîrtiei şi cartoanelor în mediu alcalin* [25].

De remarcat că în timp ce la încleierea acidă clasică (pH = 4,5—5) ne găsim la începutul domeniului de precipitare, în încleierea neutră şi alca-

lină, sîntem în plin domeniu de precipitare a hidroxidului de aluminiu. In fig. 2 cele două domenii sînt indicate distinct.

Rezultă clar că mediul neutru sau alcalin este indicat pentru o reținere mai completă a aluminiului în foaia de hîrtie, care după datele de care dispunem pînă în prezent se traduce printr-o încleiere de calitate. Această observație va fi întărită și de datele noastre experimentale.

3. Aplicînd teoria lui N. D. Ivanov [27] în condițiile încleierii alcaline, se poate afirmă că procesul chimico-coloidal de încleiere discutat de S. S. Voiuțki se petrece între următoarele particule:

a) particule de răşinat de aluminiu,

b) particule coloidale cu legături de adsorbție între răşina nesaponificată şi hidroxidul de aluminiu rezultat din hidroliza aluminatului,

c) particule în amestec mecanic de răşinat de aluminiu cu legături de adsorbție.

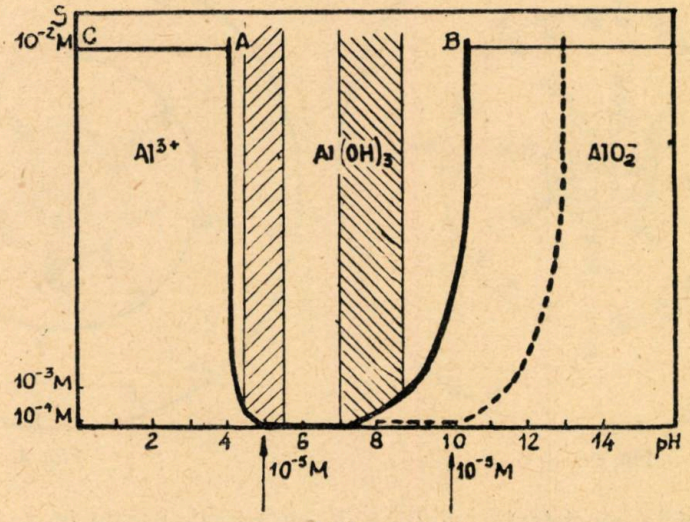


Fig. 2.

Reprezentînd o particulă de clei de colofoniu (fig. 3) şi o particulă de hidroxid de aluminiu (fig. 4), coagularea are loc ca şi în cazul încleierii proteinelor vegetale pe baza legăturii de adsorbție realizată prin pierderea sarcinilor pozitive sau cîştigarea sarcinilor negative pe seama încărcărilor hidroxidului de aluminiu.

II. Partea experimentală

a) *Incercări de laborator.* In esență metoda încleierii hîrtiei şi cartoanelor în mediu alcalin este următoarea. Fibrele papetare măcinate, se tratează în holendru cu cantitatea corespunzătoare de clei de colofoniu, se adaugă aluminat de sodiu şi clorură de calciu, material de umplutură şi colorant de nuanțare, după care pasta rezultată este trasă în foi şi uscată.

In laborator noi am folosit celuloză I A şi I B, măcinată la 45° S. R. într-un holendru tip Rith, la o consistenţă de 3,5%, pe care am încleiat-o cu clei Bewoid, procentul de răşină raportat la fibră variind între 1,5 şi 3. S-a variat apoi cantitatea de aluminat sodiu (soluţie 2% AlO_2Na) între 0,5-2,5% şi s-a coagulat cu clorură de calciu şi alţi coagulanţi în cantităţi variind între 2,5-15% $CaCl_2$; 0,2-1,3 $Ca(OH)_2$; Ba $(OH)_2$; $Mg(OH)_2$; Sr $(OH)_2$ şi apă dură de 24° (CaO). Drept material de umplere s-a folosit caolinul în cantitate de 10—20% şi s-a nuanţat cu 0,5% albastru Victoria. In paralel s-au făcut şi încleieri acide.

Din pasta rezultată s-au obţinut foi cu un gramaj între 60—80 gr/m² pe aparatul Rapid-Kötchen. Pentru uscarea foilor s-au utilizat următoarele căi :

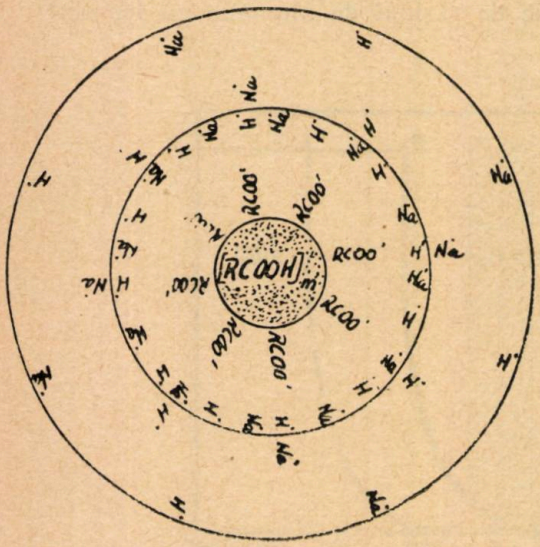


Fig. 3.

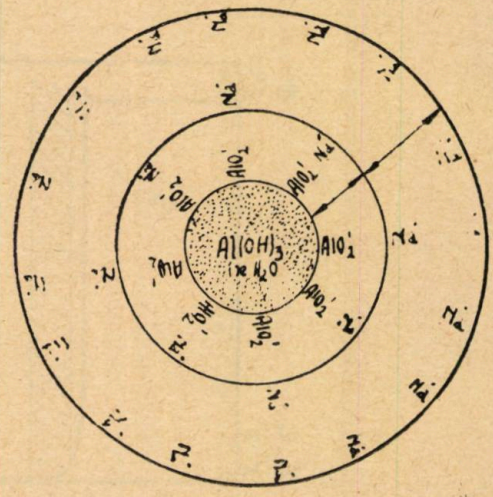


Fig. 4.

a) Foi la consistenţa rezultată de pe aparat, uscate în aer la temperatura ordinară.

b) Foi la consistenţa rezultată de pe aparat, uscate la etuvă la temperatura de 100° C.

c) Foi la consistenţa rezultată de pe aparat, uscate în vacuum de 15—20 mm coloană de mercur, la temperatura de 97° C.

d) Foi deshidratate prin presare pînă la consistenţa de circa 32%, uscate în aer la temperatura ordinară.

e) Foi deshidratate prin presare, pînă la consistenţa de circa 32%, uscate la etuvă la temperatura de 100° C.

f) Foi deshidratate prin presare, pînă la consistenţa de circa 32%, uscate în vacuum de 15—20 mm coloană de mercur, la temperatura de 97° C.

Dintre probele de mai sus, cele prevăzute la punctele a, d, e şi f au dat rezultate mai bune decît cele de la punctele b şi c.

Foile de hîrtie încleiate acid şi alcalin, condiţionate la o umiditate

Tabloul 1

Nr. crt.	Mediu de încleiere	Sortul de celuloză	Încleierea s-a făcut cu: clei %	$(SO_4)_3Al_2$ %	AlO_2Na %	Cl_2Ca %	Caolin %	pH încleiere	Gramaj gr/m²	Lungime rupere m	Alungire %	Număr duble îndoituri	Grad de încleiere mm
1	acid	IA	2,5	5	—	—	—	5	65	3519	3,13	525	2
2	acid	IA	2,5	5	—	—	20	5	65	3096	2,45	236	2
3	alcalin	IA	2,5	—	0,5	5	—	7	65	4197	3,49	720	2
4	alcalin	IA	2,5	—	1,0	2,5	—	8	65	3146	3,90	72	2
5	alcalin	IA	2,5	—	1,0	5	—	7,5	65	3906	3,58	560	2
6	alcalin	IA	2,5	—	1,0	7,5	—	7,5	65	3304	3,88	126	0,75
7	alcalin	IA	2,5	—	1,0	10	—	7,7	80	3359	4,27	120	2
8	alcalin	IA	2,5	—	1,5	5	—	8	65	3963	2,88	757	2
9	alcalin	IA	2,5	—	2,0	5	—	8,5	80	3610	4,74	155	2
10	alcalin	IA	2,5	—	2,5	5	—	9	65	3556	2,48	160	2
11	acid	IB	2,5	5	—	—	—	5	65	4887	2,90	1112	2
12	acid	IB	2,5	5	—	—	20	5	65	4283	3,03	733	2
13	alcalin	IB	2,5	—	0,5	5	20	7	65	3703	2,32	1024	2
14	alcalin	IB	2,5	—	1,0	5	—	8,5	65	3688	2,88	476	2
15	alcalin	IB	2,5	—	1,0	5	20	7,5	65	3531	2,48	432	2
16	alcalin	IB	2,5	—	1,5	5	—	8,0	65	4540	2,64	1018	2
17	alcalin	IB	2,5	—	1,5	5	20	8,0	65	3883	2,68	86	2
18	acid	IA	1,5	3	—	—	—	4,5	80	4240	4,04	579	2
19	acid	IA	2,0	4	—	—	—	4,5	65	3415	4,38	293	2
20	acid	IA	3,0	6	—	—	—	4,5	65	3700	3,40	328	2
21	alcalin	IA	1,5	—	1,0	2	—	7,5	65	3850	3,50	277	2
22	alcalin	IA	2,0	—	1,0	2	—	7,8	65	3216	4,33	300	2
23	alcalin	IA	3,0	—	1,0	2	—	7,5	65	3566	3,95	256	2

relativă de 65% şi la o temperatură de 20° C într-un higrotermostat [28], au fost supuse la următoarele încercări conform STAS Nr. 106/49: lungime de rupere, alungire, număr de duble îndoituri şi grad de încleiere.

In tabloul 1 sînt prezentate condiţiile de lucru şi rezultatele încercărilor mecanice.

Din acest tablou se pot trage următoarele concluzii:

a) O bună încleiere care depăşeşte condiţiile cerute de STAS, se poate obţine şi în mediu alcalin. Condiţiile optime de pH fiind pentru mediu alcalin cuprinse între 7 şi 8 — hîrtiile obţinute fiind neutre sau slab alcaline. Cu toate acestea noi am obţinut unele încleieri şi la pH cuprins între 8 şi 9. Pentru pH > 9 nu se obţin încleieri satisfăcătoare.

b) Proporţiile indicate pentru obţinerea hîrtiilor neutre sau slab alcaline sînt: 0,5—1,5% aluminat de sodiu, 2,5—5% clorură de calciu la 2,5% clei Bewoid.

c) Indicii mecanici se menţin în aceleaşi limite ca şi la hîrtia încleiată în mediu acid, în nici un caz sub cerinţele STAS nr. 106/49.

Sînt de menţionat unele rezultate preliminare, în care urmează să se mai facă studii privind înlocuirea clorurii de calciu cu lapte de var cu care s-au obţinut precipitări pe fibre. De asemenea credem că duritatea apei ar face mai puţine greutăţi în acest sistem de încleiere decît în încleierea acidă.

Rezultatele obţinute mai sus reprezintă în fapt media unui număr mare de încercări de laborator, din care s-au reţinut probele mai concludente.

b) *Incercări industriale.* Aceste probe au fost efectuate la întreprinderea „Steaua Roşie" Bacău pe maşină cu sită rotundă cu următoarele caracteristici:

Numărul sitei 65; diametrul tamburului sită de 700 mm; valţ de presare cu un decalaj de 18 cm faţă de verticală, realizînd o presare de 1,65 kg/cm linie de contact; vacuum la sugar fiind de 250 mm coloană de Hg.

3 prese umede cu valţuri superioare de granit şi cu valţuri inferioare cauciucate. Presiunea la presa 1 fiind de 26,5 kg/cm, iar la celelalte două de 32 kg/cm.

Partea uscătoare compusă din 6 cilindri cu diametrul de 1200 mm încălziţi în paralel.

S-a folosit următoarea metodă de lucru: 80 kg celuloză I A cu o umiditate de 42,5%, au fost introduse într-un holendru cu o capacitate de 2000 litri şi măcinate la consistenţa de 2,25%.

Presarea valţului s-a făcut de la început cu un consum de 55 amperi, materialul măcinîndu-se de la 16° S.R. la 45° S.R., în timp de 45 minute.

Caracterul măcinării a fost aspru-scurt, urmărindu-se să se reproducă condiţiile de fabricaţie curentă pentru hîrtie velină.

Curba măcinării este dată în fig. 5.

Materialul astfel măcinat a fost încleiat în holendru prin adaus de clei Bewoid de următoarea compoziţie:

răşină 132,30 gr/l.
reziduu uscat 144,97 gr/l.
cenuşa 4,27 gr/l.

Cantitatea de răşină raportată la fibră, a variat în diferitele probe între 2 şi 3%.

In încleierea acidă — martor — s-a folosit soluţie de sulfat de aluminiu cu o greutate specifică de 1,075, avînd 15,06 gr Al_2O_3/litru şi 0,91 gr/l acid sulfuric liber.

In încleierea alcalină s-a folosit o soluţie de aluminat de sodiu de următoarea compoziţie:

reziduu sec 104 gr/l.
Al_2O_3 10,28 gr/l ; greutatea specifică fiind 1,025.

S-a folosit pentru proba martor o cantitate de 4,3% sulfat de alumi-

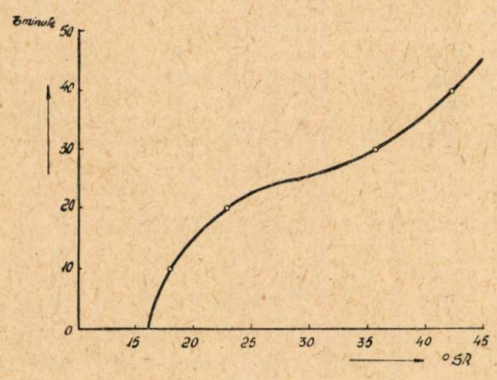


Fig. 5.

niu raportat la fibră, ceea ce revine la 0,654% Al_2O_3 ; iar pentru probele alcaline cantitatea de aluminat de sodiu a fost de 0,5% Al_2O_3 adică 0,8% aluminat de sodiu faţă de fibră.

La proba alcalină s-a utilizat drept coagulant o soluţie de 60 gr/l clorură de calciu, ceea ce revine la 3% raportat la fibră.

Atît la proba acidă, cît şi la cea alcalină s-a folosit drept material de umplere caolină dobrogeană, cu o consistenţă de 200 gr/l, în cantitate de 12% raportat la fibră. In ultima probă alcalină, s-a folosit o cantitate de 18% caolină raportată la fibră.

Drept material de nuanţare s-a folosit un amestec de Nuancier blau şi albastru Victoria.

Din acest material s-a tras pe maşină hîrtie velină cu gramaj de 65, temperatura cilindrilor uscători fiind menţinută în limitele indicate de tabloul 2.

S-au obţinut astfel 4 probe de hîrtie dintre care proba 1 acidă, iar probele 2, 3 şi 4 alcaline. Aceste probe au fost supuse analizelor chimice şi încercărilor mecanice.

In tabloul 3 sînt date rezultatele încercărilor mecanice, iar în tabloul 4 rezultatele analizelor chimice ale hîrtiilor.

Tabloul 2

Nr. probei	Nr. de ordine a cilindrilor					
	1	2	3	4	5	6
	Temperatura °C					
1	69	83	131	119	137	110
2	72	76	127	132	136	108
3	66	75	78	92	65	67
4	70	80	125	120	115	98

Tabloul 3

Nr. crt.	Mediul de încleiere	Sortul de celuloză	Încleierea s-a făcut cu:				Caolin %	pH încleiere	Gramaj gr/m²	Lungime rupere m	Alungire %	Nr. duble îndoituri	Grad de încleiere mm
			Clei %	$(SO_4)_3Al_2$ %	AlO_2Na %	Cl_2Ca %							
1	acid	IA	2,8	4,3	—	—	12	5	65	3470	1,86	73	2
2	alcalin	IA	2,4	—	0,80	3	12	7,5	65	4342	2,70	172	0,75
3	alcalin	IA	2,8	—	0,80	3	12	7,8	65	4640	2,72	150	2
4	alcalin	IA	4,0	—	0,80	3	18	7,6	65	4061	2,10	100	1,5

Tabloul 4

Nr. probei	Felul încleierii	pH-ul încleierii	Umiditate %	Răşină			Cenuşă %	Caolin %	Al_2O_3 %	CaO %
				liberă %	legată %	totală %				
1	acidă	5,0	7,51	1,55	0,67	2,22	9,76	8,26	0,54	0,17
2	alcalină	7,3	6,90	0,55	0,28	0,83	6,67	4,21	1,80	0,47
3	alcalină	7,8	8,56	0,76	0,40	1,16	9,19	7.32	0,62	0,75
4	alcalină	7,5	7,67	1,08	0,33	1,41	10,64	5,48	3,68	0,44

In procesul tehnologic — pentru probele alcaline — s-a urmărit, atît folosirea apei proaspete, cît şi a apei grase, luîndu-se probe de la sita maşinii şi de recirculaţie, care au dat la analize datele sintetizate în tabloul 5.

In afară de probele de mai sus s-a urmărit şi încleierea unei hîrtii veline cu clei de colofoniu-parafină în mediu alcalin.

Cleiul folosit a dat la analiză:

reziduu uscat 153,93 gr/l.

răşină + parafină 150,59 gr/l, din care 73,36 gr răşină şi 77,23 gr parafină.

Cantitatea de clei utilizată a fost de 2,37% raportată la fibră.

Restul materialelor s-au menţinut aceleaşi ca şi la încleierile alcaline anterioare.

Hîrtia încleiată cu clei parafinic a prezentat o încleiere slabă, indicii ei mecanici fiind cuprinşi în limitele STAS-ului.

La analiză această hîrtie cu un pH=7,7 a dat următoarele rezultate:

răşină + parafină reţinute în hîrtie — 1,87%.

cenuşă 7,26% din care: 4,26% caolin, 0,70% Al_2O_3 şi 1,98% CaO.

Este deci evident că şi acest clei a fost reţinut pe fibră în mediu alcalin.

Cauzele pentru care hîrtia încleiată cu acest clei nu a prezentat un grad de încleiere satisfăcător, în special după satinare, nu pot fi precizate încă, problema necesitînd noi studii.

Tabloul 5

Felul încleierii	Locul de recoltare	Fibre g/l	Analiza apei				Analiza fibrei					
			Subst. uscată g/l	Răşină g/l	Al_2O_3 g/l	CaO g/l	Răşină liberă %	Răşină legată %	Răşină totală %	Cenuşă %	Al_2O_3 %	CaO %
acidă	sită	1,47	0,40	0,025	0,0095	0,099	2,85	2,49	5.34	13,01	2,95	0,52
acidă	recirculaţie	0,16	0,39	0,031	0,013	0,096	7,32	10,61	17,93	39,68	4,45	3,70
alcalină	sită	1,13	0,50	0,023	0,034	0,047	2,07	*)	—	14,75	3,12	0,62
alcalină	recirculaţie	0,32	0,35	0,011	0,012	0,074	8,51	5,74	14,25	25,72	0,47	0,54
alcalină	sită	1,34	0,62	0,048	0,021	0,011	1,90	0,91	2,81	12,59	0,077	—
alcalină	sită	1,04	0,50	0,011	0,0098	0,0034	2,45	0,71	3,16	17,30	0,150	0,34
alcalină	recirculaţie	0,16	0,29	0,035	0,0190	0,034	1,035	21,90	22.93	48.97	2,190	2,19

*) Răşina legată la această probă nu a fost determinată.

Intr-o lucrare din R.P.U. [29], dr. Győrgy Koltai arată importanţa emulsiilor de colofoniu şi parafină în încleiere şi insistă asupra necesităţii de a se urmări îndeaproape această problemă.

Concluzii la încercările industriale. Din urmărirea procesului tehnologic de încleiere alcalină a hîrtiei, în condiţiile experimentale de la fabrica Steaua Roşie-Bacău, se pot preciza următoarele consideraţii.

a) Hîrtia încleiată în mediu alcalin (în special proba 3 din tabloul 3) este în general la fel de bună ca şi proba acidă (1, tabloul 3). Este vorba de o hîrtie velină a cărei nuanţă nu e sensibil influenţată de procedeul alcalin, care prezintă la acelaş gramaj de 65 gr/m², o creştere a lungimii de rupere de 25%, o dublare a numărului de duble îndoituri şi o creştere de 30% în ceea ce priveşte alungirea.

Aceste date sînt identice cu cele obţinute de M. Chêne pentru o hîrtie la pH=7 [24]. El scrie „...o hîrtie Afnor III/2 a fost încleiată la pH=5 în holendru, apoi într-o a doua fabricaţie la pH=7, celelalte condiţii rămînînd neschimbate. Creşterea lungimii de rupere a fost de 20%, creşterea rezistenţei la îndoire fiind de peste 100 %".

Hîrtia (proba 3, tabloul 3) s-a încleiat cu 1,16% răşină faţă de 2,22% reţinută de proba acidă. Acest fapt ne-ar indica că şi în încleierea alcalină folosirea apelor grase este indicată.

b) Reţinerea caolinului în condiţiile de lucru ale încleierii alcaline este mai mică faţă de încleierea acidă, corespunzătoare unei scăderi a randamentului de umplere de la 68% la 61%.

c) Regimul de uscare asupra căruia M. Chêne a făcut observaţii, nu influenţează simţitor gradul de încleiere. Este de recomandat o uscare gradată normală ca şi în fabricaţia acidă curentă. De menţionat nota lui G. A. Ostroúmov [30] în care se propune un nou procedeu de us-

care a hîrtiei, care ar scădea preţul de cost şi ar mări simţitor, în condiţiile procedeului alcalin, gradul de încleiere al hîrtiei.

d) Cantitatea de clorură de calciu, folosită de noi la probele industriale, rezultă pe baza analizelor făcute, că a fost sub cea de 5% găsită ca optimă în încercările de laborator. Aceasta a dus la o reţinere mai mică a cleiului în mediu alcalin, faţă de cel acid. Conţinutul de oxid de calciu determinat în cenuşa din hîrtia alcalină sau neutră arată că folosirea clorurii de calciu drept coagulant, nu prezintă pericolul măririi higroscopicităţii hîrtiei.

e) Este de semnalat o spumare mai accentuată în procedeul alcalin, în special înaintea adausului de clorură de calciu. Credem că spuma rămasă după coagulare, poate fi uşor îndepărtată în condiţiile de lucru pe maşina cu sită lungă.

III. Importanţa problemei din punct de vedere tehnico-economic

a) *Dificultăţile încleierii acide în fabricaţia hîrtiei.* Este ştiut faptul că o serie de industrii întîmpină dificultăţi datorită aciditătii libere a hîrtiei, obţinute prin procedeul clasic. Această aciditate este nedorită în primul rînd pentru hîrtiile şi cartoanele de ambalaj întrebuinţate în industria alimentară, farmaceutică, metalurgică, electrotehnică, etc ; iar în al doilea rînd nu poate fi trecută cu vederea influenţa defavorabilă a aciditătii în îmbătrînirea hîrtiei [31].

Sulfatul de aluminiu folosit în încleierea acidă se prepară ca şi aluminatul din alumină. In industria de hîrtie el este obţinut prin procedeul Werner-Müller din caolină. Greutăţile întîlnite în prepararea sulfatului de aluminiu, adăugate la preţul lui de cost îl fac mai puţin indicat decît aluminatul de sodiu în încleiere.

Pe de altă parte consumul de sulfat de aluminiu este în medie dublu faţă de răşina utilizată la încleiere, acest consum variind în funcţie de natura cleiului, duritatea apei şi de alţi factori. Problema reducerii consumului de sulfat de aluminiu, respectiv a reducerii consumului de aluminiu este deosebit de importantă pentru industria noastră.

Incleierea acidă ridică în industria de hîrtie necesitatea folosirii unor materiale anti-corosive neferoase. Dintre acestea semnalăm sitele de bronz fosforos, valţurile de cupru, etc, în special sitele care au o participare importantă la stabilirea preţului de cost a hîrtiei sînt specifice procedeului acid de încleiere.

De asemenea nu se poate omite acţiunea mediului acid asupra duratei de folosire a flanelelor maşinii de hîrtie.

b) *Perspectivele pe care le deschide introducerea încleierii alcaline în tehnologia fabricaţiei hîrtiei.* Aşa cum reiese din datele de mai sus, procedeul alcalin poate fi astfel condus încît să se obţină hîrtii neutre sau slab alcaline.

Aceste hîrtii cu indici mecanici corespunzători nu prezintă neajunsurile semnalate la cele acide.

Aluminatul de sodiu se prepară industrial în condiţii mai economice decît sulfatul de aluminiu. El poate fi preparat şi din sulfat de aluminiu chiar la fabricile de hîrtie, pentru un consum mai mic în aluminiu.

Consumul specific de aluminiu este mai mic în cazul încleierii alcaline decît în cea acidă.

Clorura de calciu folosită drept coagulant nu afectează sensibil prețul de cost, ea constituind un deșeu abundent al fabricilor de produse cloro-sodice.

Lucrîndu-se în mediu slab alcalin se pune problema înlocuirii materialului neferos curent în fabricația acidă cu material feros.

In sfîrșit, procedeul alcalin poate fi aplicat fără modificarea instalațiilor actuale din fabricile de hîrtie (pe același circuit).

IV. Concluzii generale

Problema încleierii hîrtiei și cartoanelor în mediu alcalin abordată în lucrarea de față prezintă un interes deosebit pentru industria noastră de hîrtie.

Ea reprezintă în primul rînd o contribuție în domeniul teoriei încleierii hîrtiei, deoarece lărgește cu date experimentale cîmpul actual al cunoștințelor din acest domeniu.

Noi am dat unele explicații teoretice în legătură cu fenomenele ce se petrec în încleierea alcalină, urmînd ca să revenim cu noi date experimentale în sprijinul lor.

In legătură cu rezultatele de laborator și industriale, se poate spune că proprietățile fizico-mecanice ale hîrtiei încleiate alcalin, depășesc limitele prevăzute de STAS și într-o serie de condiții precizate în lucrare, pe cele ale hîrtiilor acide martor.

Această constatare este cu atît mai importantă cu cît procedeul alcalin de încleiere, poate cu ușurință să conducă la obținerea unor hîrtii neutre.

Introducerea încleierii alcaline în industria noastră de hîrtie se poate face — așa cum s-a arătat — fără modificări ale actualului circuit tehnologic, folosindu-se materii prime indigene, reducîndu-se consumul de aluminiu și acțiunile corosive asupra utilajului.

Inlocuirea sitelor de bronz forforos cu material feros reprezintă de asemenea o contribuție ce va duce la scăderea prețului de cost al hîrtiei.

Adăugînd la avantajele semnalate mai sus posibilitatea folosirii apelor dure și a aplicării procedeului în cazul altor cleiuri decît a celor pe bază de colofoniu, se ajunge la concluzia că procedeul alcalin deschide perspectiva unor noi studii și a numeroase aplicații industriale.

Rezultatele de pînă acum permit aplicarea procedeului industrial în țara noastră, de oarece aluminatul de sodiu și clorura de calciu, sînt produse ale industriei noastre chimice și nu prezintă dificultăți de procurare.

Problema încleierii hîrtiei și cartoanelor în mediu alcalin, deși adusă în stadiul de aplicație industrială, nu poate fi epuizată prin prezenta lucrare.

Mai rămîn o serie de factori, a căror studiu poate să deschidă perspective largi pentru fabricarea unor noi sorturi de hîrtie, precum și pentru contribuții la o teorie unitară în ceea ce privește încleierea hîrtiei.

Catedra de Celuloză și Hîrtie

BIBLIOGRAFIE

1. Воюцкий С. С., Агрегативная устойчивость коллоидных и микрогетерогенных систем и проклеивание волокон различной природы. Сборник статей по теории и практике проклеивания обувных картонов, 1952, Гизлегпром, Москва, стр. 5—43.
2. Лифшиц И. Д., Кострюкова Л. И., Мусатова М., Новые проклеивающие материалы в производстве обувных картонов, Ibid. стр. 44-55.
3. Баркан М. С., Кострюкова Л. И., Применение синтетических смол в пронзводстве обувных картонов, Ibid. стр. 55-69.
4. Воюцкий С. С., Кострюкова Л. И., Баркан М. С., Сметкин Ю. А., Растительные танниды как регуляторы процесса проклеивания, Ibid. стр. 71-89.
5. Воюцкий С. С., Панич Р. М., Кальянова К. А., Влияние различных факторов на электрокинетический потенциал глобул латекса, стабилизированного мылом, Ibid. стр. 90-104.
6. Воюцкий С. С., Панич Р. М., Кальянова К. А., Электрокинетический потенциал растительного и кожевенного волокна и влияние на него обработки латексом и меламиновой смолой, Ibid. стр. 105-111.
7. Кострюкова Л. И., Воюцкий С. С., К вопросу о проклеивающем начале канифольного клея, Ibid. стр. 112-119.
8. Кострюкова Л. И., Влияние свойств синтетических латексов на свойства проклеенных картонов, Ibid. стр. 120-130.
9. Ябко Я. М., Воюцкий С. С., Влияние пластичности проклеивающего агента на свойства проклеенного картона, Ibid. стр. 131-136.
10. Voiuţki S. S., *Teoria Coloidală a încleierii hîrtiei şi cartoanelor*, 1946 (trad. I.D.T).
11. *** Bazele teoretice ale dispersiei coloidale a colofoniului. Traducere din Papir és Nyomdatechnica 1, 1949, nr. 13-14, pp. 29-33. (Dosar I. D. T. nr. 13.788).
12. Беркман Е. М., М. Фляте Д., О проклеивающем веществе при канифольной проклейке бумаги, Бумажная промышленность, 1953, Nr. 6, стр. 9-13.
13. Simionescu Cr. şi colab., Contribuţii în problema încleierii hîrtiei. Încleierea cu răşini naturale, ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1954, Nr. 4, pp. 32-34.
14. *** ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1953, Nr. 12, p. 19.
15. Iliescu Gh., Încleierea hîrtiei cu acizi naftenici, AGIR Rev. de Chimie, 1949, Nr. 2, p. 129.
16. Simionescu Cr., Diaconescu V., Calistru E., Feldman D., Stejaru G., Consideraţiuni asupra obţinerii şi industrializării proteinelor vegetale. I. Încleierea hîrtiei. St. şi Cerc. Şt. Acad. R.P.R., Filiala Iaşi, 1950, t. I, 2, pp. 105-129.
17. — Idem II. Cartoane electroizolante. St. şi Cerc. Şt. Acad. R.P.R., Filiala Iaşi, 1951, t. II. 1-2, pp. 143-154.
18. — Contribuţii la cunoaşterea şi valorificarea proteinelor vegetale, ASIT Rev. de Chimie, 1951, Nr. 9.
19. Corlăţeanu El., Asupra valorificării proteinelor vegetale în încleierea hîrtiilor, ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1953, Nr. 12, p. 19.
20. Oprescu Gh., Încercări de încleiere a hîrtiei cu proteine vegetale din turte şi şroturi de ricin, ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1953, Nr. 12, p. 23.
21. I. C. E. I. L., Studiul utilizării clor-parafinelor şi proteinelor vegetale la încleierea hîrtiei. Tema Nr. 27|1953.
22. Diaconescu V., Feldman D., Asupra determinării gradului de încleiere a hîrtiei. ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1952, Nr. 4-5.
23. Chêne M. Encollage du papier en millieu alcalin. Chim. et Ind., 1946, t. L, Nr. 1, pp. 16-20.
24. — Etudes de chimie appliqué dans la fabrication du papier. Analles de l'Université de Grenoble, 1947-1948, vol. 23, pp. 451-461.
25. Simionescu Cr., Problema încleierii hîrtiei şi cartoanelor în mediu alcalin. ASIT, Rev. Ind. Lemnului, Celulozei şi Hîrtiei, 1952, Nr. 6. pp. 27-31.
26. Charlot G. *Théorie et méthode nouvelle d'analyse qualitative*, Paris, 1946, pp. 81-83.
27. А. П. Петров, О расклейке бумаги. Бумажная промышленость, 1949, Nr. 5, стр. 10-15.

28. Diaconescu V., Termohigrostat pentru condiționarea hîrtiilor. Comunicare la a 2-a sesiune științifică a Inst. Politechnic Iași, (12-13 februarie 1955)
29. Koltai György, Incleierea hîrtiei cu parafină. Traducere din Papir és Nyomdatechnica, 1950, t. II, Nr. 11, pp. 36-37. (I. D. T.).
30. Остроумов Г. А., Новый метод сушки бумаги. Бумажная промышленность, 1954, Nr. 11 p. 18.
31. Симионеску Кр., Поппел Э. и Асандей Н., Изучение некоторых факторов влияющих на долговечность бумаг, Бумажная промышленность, 1955, Nr. 11.

ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ

(Краткое содержание)

Настоящая работа изучает вопрос о замене классического метода проклейки бумаги в кислой среде методом проклейки в нейтральной или слабощелочной среде, с целью :

1. уменьшения расхода солей алюминия в процессе проклейки ;
2. создания возможности замены изделий из цветных металлов на бумагоделательных машинах,—в особенности сит ;
3. получения нейтральной или слабощелочной упаковочной бумаги для пищевых или фармацевтических продуктов, а также технической бумаги.

Лабораторные испытания проводились в лаборатории целлюлозо-бумажного отделения Ясского Политехнического Института в 1953-1954 гг. и были проверены в заводском масштабе на заводе „Стяуа Рошие“ Бакэу в 1954 г.

Получены следующие результаты :

1. Качественные показатели изготовленной бумаги настоящим методом превышают стандартные показатели STAS-а.
2. Достигается экономия иона алюминия в 25%.
3. Метод можно применять на настоящих фабричных установках без изменения технологических схем, причём производительность машин не снижается.
4. Используемые материалы изготовляются отечественной промышленностью.
5. Осуществляется экономия и, следовательно, снижение себестоимости, благодаря уменьшению расхода алюминия и замены цветных металлов.

CONTRIBUTIONS AU PROBLÈME DE L'ENCOLLAGE DU PAPIER
II. L'ENCOLLAGE DU PAPIER EN MILIEU ALCALIN

(Résumé)

Les Auteurs poursuivent leurs recherches afin de remplacer la méthode classique de collage du papier dans un milieu acide par le collage dans un milieu neutre ou peu alcalin. L'application de la nouvelle méthode permet

1. de réduire la consomation des sels d'aluminium dans le procès de collage;
2. de créer des possibilités de remplacer les materiaux nonférrés dans la construction des machines à papier, notamment des tamis;
3. d'obtenir des papiers neutres ou peu alcalins, indiqués pour les papiers d'embalage des produits alimentaires ou farmaceutiques, de même que pour les papiers techniques.

Les épreuves de laboratoire ont été faites pendant les années 1953-1954 dans le laboratoire de la Section de Cellulose et Papier de l'Institut Polytechnique de Jassy et ont été verifiées à l'échelle industrielle aux Entreprises „Steaua Roşie", Bacău en 1954.

Les résultats de ces épreuves montrent que.

1. le papier obtenu par ce procédé a des indices de qualité qui surpassent les limites prévues par STAS;

2. le circuit technologique actuel permet l'application sans modification du procédé préconisé, la productivité des machines restant la même;

3. on réalise enfin une economie de 25% d'ions d'aluminium.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

COMPOZIŢIA ULEIULUI UŞOR OBŢINUT LA DISTILAREA USCATĂ A LEMNULUI DE SALCIE

DE

GH. BOTEZ, M. MARINESCU şi ANA CIOCHINĂ

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

I. Introducere

Compoziţia produselor rezultate prin distilarea uscată a lemnului, variază după specia de lemn, după vîrsta lui, cît şi după felul cum e condusă distilarea. După ce în lucrările anterioare [1], [2] am dat compoziţia acidului pirolignos brut şi a gudronului, obţinut prin distilarea uscată a salciei, era indicată şi cercetarea compoziţiei uleiului uşor rezultat la prelucrarea acidului pirolignos şi a gudronului.

Acest ulei uşor este cunoscut în tehnică sub numele de ulei de metil. In ţările cu o industrie chimică dezvoltată el formează o materie primă valoroasă pentru obţinerea de diverşi compuşi importanţi în sinteze organice, pentru obţinerea agenţilor de flotaţie folosiţi în industria minieră extractivă, precum şi în alte ramuri industriale.

In prezent, în industria noastră el nu este valorificat raţional, fiind folosit drept combustibil.

Cantitatea de ulei uşor, care se separă din metanolul brut rezultat la prelucrarea acidului pirolignos, variază în funcţie de vîrsta arborelui supus distilării, fiind mai mare cu cît arborele este mai bătrîn. Astfel, din salcia de 5 ani se obţine cca. 1,2% iar din salcia de 20 ani cca. 1,5% ulei, în greutate, raportat la lemnul uscat supus distilării. Avînd în vedere că şi la distilarea gudronului mai rezultă 0,6% ulei uşor, care are aceeaşi compoziţie, cantitatea totală se ridică astfel la cca. 2% în greutate faţă de lemn.

Uleiul uşor de salcie se prezintă ca un lichid mobil, de culoare galbenă, care se închide cu timpul, avînd un miros puternic aromat, cu D_{20}: 0,899 şi avînd limitele de distilare între 48—163° C. El este un amestec complex de alcooli, esteri, cetone, derivaţi heterociclici, hidrocarburi, compuşi de condensare a aldehidelor cu cetonele şi compuşi cu azot. Este cunoscut că compoziţia şi conţinutul procentual în aceşti compuşi depinde de varietatea de lemn din care provin. Astfel, uleiul uşor de fag se compune din următorii constituenţi mai importanţi [3]: alcool metilic şi alilic, acetat de metil, acetonă, metil-etil-cetonă, α metil-

furan, α-α'-dimetilfuran, trimetilfuran, derivaţi de furfurol, iar dintre hidrocarburile aromate: toluen, xileni, etilbenzen, cumen, mezitilen, cantităţi neînsemnate de hidrocarburi nesaturate, alifatice şi compuşi cu azot.

După cercetările noastre, uleiul uşor de salcie conţine toţi aceşti compuşi însă în procente diferite faţă de cel de fag. Aceste substanţe formează amestecuri azeotrope şi deoarece numărul lor este foarte mare, pentru a putea fi separate nu se pot întrebuinţa metodele obişnuite de distilare fracţionată. Separarea lor am făcut-o prin metode chimice urmate de purificări şi rectificări repetate.

II. Separarea şi identificarea compuşilor mai importanţi

a) *Compuşi solubili în apă.* Dintre componenţii solubili în apă ai uleiului uşor de salcie am separat, identificat şi dozat: alcoolul metilic, alcoolul alilic, acetona şi metiletilcetona.

Separarea lor din uleiul uşor s-a făcut prin extracţie cu apă. Soluţia apoasă separată de uleiul insolubil s-a supus distilării, iar distilatul brut rezultat a fost rectificat culegînd fracţiunea ce distilă pînă la 93° C.

In această fracţiune s-a determinat conţinutul total în cetone găsindu-se 16,3% în greutate raportate la uleiul brut. Deoarece uleiul brut are un conţinut de 18,7% cetone (exprimate în acetonă) rezultă că în partea insolubilă au mai rămas cca. 2% cetone, insolubile în apă care nu au mai fost urmărite.

Separarea cetonelor solubile în apă, de alcooli s-a făcut prin intermediul combinaţiei bisulfitice, urmată de descompunerea cu acid sulfuric diluat şi rectificarea produsului obţinut [4]. Prin fracţionare s-a putut separa uşor acetona de metil-etilcetonă, găsindu-se un conţinut de 10,7% acetonă şi 5,3% metil-etilcetonă, în greutate. Metil-etilcetona a fost identificată ca semicarbazonă, cu punct de topire 133,6° C (indicat 135° C).

Alcoolii metilic şi alilic au fost separaţi prin distilarea soluţiei apoase rămasă de la filtrarea combinaţiei bisulfitice. Distilatul brut de alcooli s-a fracţionat culegîndu-se pînă la 65° C alcoolul metilic şi între 69 şi 92° C un amestec azeotrop de alcool alilic şi apă. Prin dozare s-a găsit un conţinut de 5,4% alcool metilic şi 2,5% alcool alilic, raportate la uleiul iniţial [5].

Identificarea alcoolului alilic s-a făcut prin reacţia caracteristică cu β-naftolul sau rezorcina, cît şi prin transformarea în bromură de alil, avînd punctul de fierbere 70° C (indicat 71° C).

b) *Compuşi insolubili în apă.* Partea de ulei insolubilă în apă reprezintă cca. 75% din uleiul uşor brut. După deshidratare pe clorură de calciu anhidră s-a supus distilării sub vid cu scopul de a îndepărta compuşii asfaltoşi. Lichidul rezultat a fost fracţionat după cum urmează:

1. Fracţiunea pînă la 58° C;
2. Fracţiunea 58—105° C;
3. Fracţiunea 105—165° C;
4. Reziduu.

1. Prima fracțiune este un ulei mobil aproape incolor cu D_{20}: 0,915 reprezentînd 11% din uleiul insolubil. In acest ulei am dozat acetatul de metil, găsind un conținut de 91%, restul fiind probabil dimetilacetal. Acest produs poate fi utilizat ca atare, drept solvent în industria lacurilor.

2. Fracțiunea a doua reprezintă 33,4% din uleiul insolubil și este constituită din diferiți derivați de furan, cantități mici de esteri, alcooli, aldehide și cetone. Această fracțiune s-a tratat la fierbere cu o cantitate calculată de hidrat de sodiu în soluție apoasă de 33%, pentru hidroliza resturilor de esteri și distrugerea aldehidelor [3, p. 192]. După îndepărtarea alcalinității și deshidratarea cu sulfat de sodiu anhidru lichidul rămas s-a supus distilării fracționate. Fracțiunea ce distilă între 60—75° C reprezintă 9% din uleiul insolubil și conține 2-metilfuran (silvan), iar fracțiunea ce distilă între 80—98° C, reprezintă 8% din uleiul insolubil și conține α - α'-dimetilfuran. După cercetările noastre rezultă că această fracțiune conține și α - β'-dimetilfuran, compus care n-a fost semnalat în literatură că ar exista în produșii de pirogenare a lemnului.

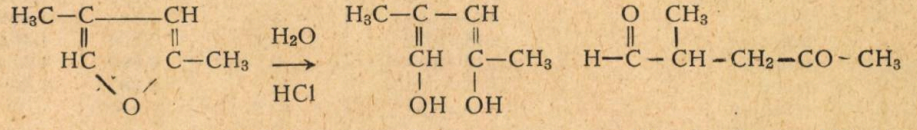
Fracțiunea silvanului s-a redistilat de pe sodiu metalic obținînd între 62—65° C silvanul pur ca un lichid mobil aproape incolor, cu miros eterat, avînd D_{20}: 0,901, n_D^{20}: 1,42. Aceste constante sînt foarte apropiate de cele indicate în literatură [6]. Identificarea silvanului s-a mai făcut și prin coloratia verde specifică, ce o capătă lemnul de brad umectat cu acid clorhidric, precum și prin proprietatea ce o are de a se rezinifica cu acizi minerali concentrați.

Fracțiunea silvanului poate fi utilizată ca solvent (lacuri, uleiuri, cauciuc), la prepararea alcoolului acetilpropionic, utilizat la sinteza atebrinei [7], sau alte scopuri.

Fracțiunea dimetil-furanelor s-a purificat prin redistilare culegîndu-se porțiunea ce trece între 93—96° C; s-a obținut un lichid cu D_{20}: 0,899, cu n_D^{20} :1,43, caracteristici care coincid satisfăcător cu cele date în literatură atît pentru α-α'- dimetilfuran, cît și pentru α-β' dimetilfuran.

Identificarea α - α'- dimetilfuranului în prezența α-β' dimetilfuranului, s-a făcut prin hidratare la cald, în prezența acidului clorhidric diluat (2%). In acest caz din primul compus se obține acetonil-acetona [8], iar din α-β' dimetilfuran se obține o ceto-aldehidă și anume 2-metil-levulinaldehida. Pentru a evita polimerizarea ceto-aldehidei, reacția de hidratare s-a făcut în prezența unui gaz inert.

Hidratarea α-β' dimetilfuranului cu obținerea ceto-aldehidei trebuie să fie analoagă hidratării α-metilfuranului, cînd se obține aldehida levulinică [11] și are loc după reacția:



In adevăr la distilarea produselor care rezultă în urma hidratării fracțiunii 93—96° C se obține acetonilacetona, cu punct de fierbere 194—196° C și n_D^{20}:1,42, constante identice cu cele date în literatură; con-

tinuînd distilarea produsului de hidratare trece între 200—205° C un lichid care prezintă reacţiile caracteristice aldehidelor, fapt care indică prezenţa α-β'- dimetilfuranului în fracţiunea supusă hidratării.

Atît acetonilacetona, care se caracterizează prin uşurinţa cu care se transformă în derivaţi substituiţi de pirol [9] cît şi ceto-aldehida care se comportă la fel, colorează în roşu aprins lemnul de brad umectat cu acid clorhidric concentrat, datorită formării dimetilpirolilor (atît α-α' cît şi α-β' dimetilpiroli).

După cercetările noastre, uleiul uşor de fag conţine şi el α-β' dimetilfuran. Identificarea acestui produs în produsele de pirogenare ale lemnului de fag nu s-a făcut pînă în prezent, deoarece constantele fizice ale lui sînt foarte apropiate de ale α-α'- dimetilfuranului, precum şi datorită uşurinţei cu care se polimerizează 2-metil-levulinaldehida ce rezultă prin hidratare. Hidratarea în prezenţa unui gaz inert împiedică uşoara polimerizare a acestui compus.

3. Fracţiunea a treia reprezintă 48% din uleiul uşor insolubil şi conţine cantităţi mici de derivaţi substituiţi de furan, produşi superiori de condensare a aldehidelor cu cetonele, compuşi cu caracter asfaltos şi hidrocarburi aromate în cantităţi mai mari. Acestea din urmă, care datorită multiplelor lor întrebuinţări au o importanţă economică mai mare, s-au separat astfel [10].

Fracţiunea brută s-a tratat la rece sub agitare, cu acid sulfuric concentrat, cu scopul de a precipita compuşii asfaltoşi şi a polimeriza ceilalţi constituenţi. Masa vîscoasă de culoare roşu brună rezultată se supune antrenării cu vapori de apă supraîncălziţi. Condensatul neutralizat, spălat şi uscat pe clorură de calciu anhidră, reprezintă 43% din fracţiunea brută şi se prezintă ca un lichid aproape incolor, cu miros aromat plăcut, avînd D_{20}:0,867 şi limitele de distilare 103—170° C.

Produsul are cifra caracteristică 125,5 şi cifra de iod 12,3.

Prin dozare [11] s-a găsit un conţinut de 91,3% hidrocarburi aromate şi 5,4% hidrocarburi olefinice, restul fiind format din hidrocarburi parafinice. Pentru separarea hidrocarburilor aromate, lichidul s-a fracţionat obţinîndu-se fracţiunile arătate în tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. fracţ.	Hidrocarburi componente în fracţiune	Limitele de fierbere °C	Randamentul % în greut.	D_{20}	n_D^{20}
1	toluen	103—113	25	0,858	1,433
2	amestec	113—130	13	0,859	1,438
3	etilbenzen	130—136	9,5	0,865	1,458
4	m- şi p-xilen	136—140	12,3	0,868	1,466
5	o-xilen	140—145	8	0,866	1,468
6	amestec	145—150	4,4	0,870	1,468
7	cumen	150—160	6	0,869	1,47
8	mezitilen	160—170	10	0,883	1.48
9	reziduu	peste170	10,5	—	—
10	pierderi	—	2	—	—

Prin refracţionarea repetată a acestor fracţiuni, s-a separat şi identificat următoarele hidrocarburi aromate:

Toluenul p.f. 110—112°C, D_{20}:0,860 s-a identificat prin nitrare, obținîndu-se orto și para nitrotoluenul cu constantele indicate în literatură.

Etibenzenul p.f. 135,5—136,5°C, D_{20} : 0,865 și n_D^{20}: 1,486, s-a identificat prin nitrare ca 2-nitro-1-etilbenzen cu p.f.: 224° C.

O-xilenul cu p.f. 142—143°C, D_{20} : 0,868, n_D^{20} : 1,49; s-a identificat prin derivatul nitric 4-nitro-1—2-dimetilbenzen cu p.t. 28,5°C (indicat 30°C).

Cumenul s-a obținut în stare pură prin rectificarea fracțiunii corespunzătoare și se prezintă ca un lichid mobil, aromat, cu p.f. 152,5—153,9°C, D_{20} : 0,866; caracteristici identice cu cele indicate în literatură [12].

Mezitilenul s-a separat de alți compuși prin intermediul acidului mezitilensulfonic și descompunerea acestuia cu acid clorhidric la cald. Prin rectificarea mezitilenului brut s-a obținut produsul pur cu p.f. 162—164°C, D_{20} : 0,853; prin nitrare s-a căpătat 2-nitromezitilenul cu p.f. 255°C și p.t. 40°C (indicat 41,5°C).

In reziduu probabil că se găsesc cantități mici de pseudocumen care n-a fost identificat.

Fracțiunea brută obținută după cum s-a arătat mai sus, avînd un conținut bogat și variat în hidrocarburi aromate, poate fi utilizată cu succes la corijarea cifrei octanice a diferitor benzine.

Produsul cu caracter asfaltos, care rămîne în vasul de antrenare după separarea fracțiunii brute de hidrocarburi aromate, rezultă din polimerizarea derivaților substituiți de furan, precum și altor compuși de condensare care se găsesc în fracțiunea cu punct de fierbere peste 105° C [10, p. 321]. Acești compuși nu pot fi separați pe altă cale din amestecul complex în care se găsesc. Produsul de polimerizare se prezintă după neutralizarea cu o soluție de hidrat de sodiu, ca o rășină de culoare brun roșietică, casantă, avînd p.t. 93° C, insolubilă în alcool dar ușor solubilă în acetonă. Rășina are o mare putere de acoperire și poate fi folosită în industria lacurilor.

Centralizarea rezultatelor asupra compoziției uleiului ușor de salcie în procente greutate raportate la uleiul ușor brut, o dăm în tabelul 2:

Tabelul 2

Alcool metilic	5,4%
Alcool alilic	2,5%
Acetonă	10,7%
Metil-etilcetonă	5,3%
Acetat de metil	6,5%
Silvan	6,4%
α—α' — dimetilfuran și α—β'—dimetilfuran	7,3%
Toluen	6,0%
Etilbenzen	3,5%
m- și p-xilen	3,0%
o-xilen	2,2%
Cumen	1,8%
Mezitilen	2,5%

Restul de cca. 35% este constituit din compuşi cu caracter asfaltos, aldehide, cetone, produşi superiori de condensare a aldehidelor cu cetonele, hidrocarburi aromate şi derivaţi substituiţi de furan. O parte din aceşti componenţi se distrug sau se polimerizează în timpul prelucrării chimice.

Este foarte posibil ca o parte din componenţii separaţi să fi luat naştere cu ocazia tratamentelor chimice, fără a fi existat iniţial în uleiul uşor. Astfel de reacţii credem că sînt asemănătoare acelora de formare a mezitilenului din acetonă, sub influenţa acidului sulfuric concentrat [10, p. 323]. Aceasta se referă în special la unele din hidrocarburile aromate.

Avînd în vedere că majoritatea acestor componenţi sînt folosiţi în diferite ramuri ale industriei chimice şi că ţara noastră recurge la importul lor, este evident că valorificarea uleiului uşor rezultat la distilarea uscată a lemnului pentru obţinerea acestor produse, este indicată.

III. Concluzii

Din cercetările făcute putem trage următoarele concluzii:

Uleiul uşor de salcie are aceeaşi componenţi ca şi cel de fag.

Uleiul uşor de salcie conţine α'-β' dimetilfuran, care nu a fost pînă în prezent identificat în produsele rezultate la piroliza lemnului şi nu figurează în literatură.

Conţinutul ridicat în hidrocarburi aromate, conferă uleiului uşor de salcie calitatea de materie primă importantă, pentru obţinerea de fracţiuni cu utilizări multiple.

Din acest ulei se pot obţine solvenţi pentru lacuri, uleiuri, cauciuc, mase plastice, cît şi solvenţi de extracţie pentru industria petroliferă.

Valorificarea uleiului uşor pentru obţinerea de produşi de polimerizare poate fi de asemenea luată în consideraţie.

Rezultatele studiului uleiului uşor conexate cu studiul gudronului cît şi a acidului pirolignos rezultat la pirogenarea lemnului de salcie, face ca introducerea lemnului de salcie în industria distilării uscate a lemnului să fie indicată.

Catedra de Chimie Organică

BIBLIOGRAFIE

1. M. Marinescu şi colaboratori, Valorificarea lemnului de salcie prin distilare uscată. St. şi Cerc. Şt., Acad. R. P. R., filiala Iaşi, 1952, t. 3, 1-4, p. 213.
2. Gh. Botez şi colaboratori, Compoziţia gudronului de salcie, St. şi Cerc. Şt. Acad. R. P. R., filiala Iaşi, 1954, t. V, 1-2, p. 229.
3. Л. В. Гордон. В. В. Фефилов, Технология лесохимических производств., Гослес. Москва, 1953, стр. 186.
4. H. Prinzheim şi J. Leibovitz, Ber. 1923, *56*, p. 2035.
5. Sinteze organice, Col. 1935, p. 107.
6. А. А. Пономарев и В. В. Зеленкова, Успехи Химии, 1951, 5, стр. 591.
7. М. Ц. Роберт Нику, Химия и Технология химико-фирмацевтических препаратов, Медгиз., Москва, 1954, стр. 348.
8. B. vol. XVIII, p. 41.
9. C. Harries, Ber. 1898, *31*, p. 43.
10. A. Chaours, C. R. Ac. Sc. Paris, 1896, vol. XXX, p. 319.
11. И. В. Исагулянц и Г. М. Эгорова, Химия Нефти, 1949, стр. 80.
12. T. Cosciug, *Compoziţia petrolului lampant romînesc*, teză, Iaşi. 1933 p. 7.

СОСТАВ ЛЕГКОГО ИВОВОГО МАСЛА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ СУХОЙ ПЕРЕГОНКИ ИВЫ

(Краткое содержание)

В двух предыдущих сообщениях авторы показали, что ива, находящаяся в достаточном количестве в РНР может заменить бук, используемый в настоящее время в промышленности сухой перегонки древесины.

В настоящей работе авторы исследовали состав легкого ивового масла. Из проведенных исследований следует, что легкое ивовое масло имеет тот же состав, что и буковое, причем процентные соотношения различны.

Помимо компонентов, входящих в состав лёгкого букового масла, в составе лёгкого ивового масла обнаружили α-β′ диметиловый фуран, не упомянутый до сих пор в литературе, трактующей состав продуктов сухой перегонки древесины.

Из лёгкого ивового масла можно получить растворители для лаков, масел, каучука, а также экстрактивные растворители, необходимые в нефтяной промышленности.

Сравнивая результаты исследований сырой жижки, гудрона и лёгкого ивового масла можно сделать вывод, что введение ивы в промышленность сухой перегонки древесины, желательно.

LA COMPOSITION DE LA FRACTION LÉGÈRE DU GOUDRON DE SAULE

(Résumé)

Dans deux travaux antérieurs les Auteurs ont montré que le bois de saule qu'on trouve en grande quantité en R. P. R. peut remplacer avantageusement le bois de hêtre, courrament employé dans l'industrie de la distillation du bois.

Dans le présent travail, les Auteurs, étudiant la composition chimique de la fraction légère du goudron de saule ont trouvé que cette fraction a la même composition chimique que la fraction correspondante du goudron de hêtre, mais le pourcentage des produits chimiques est différent.

En dehors des produits qu'on trouve dans la fraction légère du goudron de hêtre, les Auteurs ont identifié dans la fraction respective du goudron de saule α — β′ — dimethyle-fouran, produit qu'on ne trouve pas parmi les produits indiqués dans la littérature, comme résultant de la distillation du bois.

De cette fraction légère on peut obtenir des dissolvants pour : laques, huiles, cautchouc, ainsi que des dissolvants d'extraction pour l'industrie pétrolière.

Ce travail ainsi que les deux autres travaux antérieurs, sur l'acide pyroligneux et le goudron de saule montrent que le bois de saule est une matière première importante pour l'industrie de la distillation du bois, pouvant remplacer avec succès le bois de hêtre.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

PROTECŢIA MUNCII ÎN INTREPRINDERI CU ATMOSFERĂ NOCIVĂ DE AMONIAC

DE

GH. HUIDOVICI, TIB. GOLGOŢIU, AURORA BORDEA, GH. MOROI, MARIA ANGELESCU, JULIETA LINDE şi ANGELA LUCA

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Datorită acţiunii dăunătoare a amoniacului ce se găseşte în atmosfera unor întreprinderi chimice, ne-am propus a găsi un mijloc de protecţie a muncitorilor, problemă care a fost pusă chiar de către întreprinderi.

Pentru a asigura o bună protecţie a muncii în cazul existenţei amoniacului în atmosferă s-a plecat de la ideea folosirii unei măşti ce conţine un material filtrant adsorbant pentru amoniac. In fixarea asupra materialului filtrant optim am plecat de la două fapte cunoscute.

1. Puterea adsorbantă a cărbunelui ce ar putea reţine o cantitate determinată de amoniac. Descoperirea capacităţii de adsorbţie a cărbunelui se datoreşte academicianului rus T. E. Lovit (1785) [1] şi aplicată la gaze de către N. D. Zelinski în 1915 [1].

2. Al doilea fapt de la care s-a plecat a fost descoperirea făcută de Kane [2], care a preparat un sulfat de zinc amoniacal obţinut prin evaporarea la cald a unei soluţii saturate de sulfat de zinc prin care s-a trecut un curent de amoniac pînă la redizolvarea precipitatelor. De asemenea, Müller [3] a obţinut o sare amonicală de tipul $ZnSO_4$, $4HN_3$, $4H_4O$.

Sulfatul de zinc amoniacal obţinut provine din sulfatul de zinc cu şapte molecule de apă, din care un număr *n* de molecule de apă au fost înlocuite cu un număr *n* de molecule de amoniac.

Am apelat şi la utilizarea sulfatului de zinc cristalizat deoarece din determinările efectuate numai cu cărbune activ, cantitatea de amoniac gazos adsorbit era mică şi necesita schimbarea la intervale scurte a materialului filtrant.

Prin impregnarea cărbunelui activ cu sulfat de zinc cristalizat, am reuşit a mări capacitatea de adsorbţie a cărbunelui de aproximativ zece ori.

Factorii de care s-a ţinut seama în alegerea materialului filtrant au fost:

a) O mare activitate adsorbantă, deoarece timpul de contact între gaz şi materialul filtrant variază de la 1—1/10 dintr-o secundă.

b) O mare capacitate adsorbantă.

c) Să posede o rezistenţă mecanică suficient de mare pentru a evita sfărmarea în timpul eventualelor şocuri.

d) Să posede o mare stabilitate chimică faţă de vaporii de apă, bioxidul de carbon şi să nu reacţioneze cu materialul cutiei filtrului.

Pe baza acestor date s-au făcut determinări pentru:

a) Carbonizarea, pentru obţinerea cărbunelui activ.

b) Impregnarea cărbunelui cu soluţie de sulfat de zinc.

c) Adsorbţia (partea experimentală).

Operaţia de carbonizare ne-a pus problema alegerii esenţei de lemn ce poate da un cărbune cît mai activ şi cu o porozitate cît mai mare. Atît pe baza documentaţiei cît şi a unor determinări preliminare ne-am fixat asupra cărbunelui de tei. Temperatura de carbonizare a fost aleasă la 600—610° C pe baza documentării din lucrările lui J. H. Bregeat [4] şi J. S. Daniels [5].

Carbonizarea s-a făcut într-o retortă de porţelan pentru a nu impurifica cărbunele, iar durata de carbonizare a fost de 9 ore. Răcirea retortei de porţelan ce conţinea cărbunele s-a făcut în cuptor şi a durat circa 20 ore. S-au reţinut granulaţiile de cărbune cuprinse între sitele cu ochiuri de 1 şi 3 mm. Am efectuat 20 de carbonizări.

Impregnarea cărbunelui obţinut s-a făcut cu soluţii de sulfat de zinc de concentraţii diferite. S-au ales pentru studiu şase soluţii conţinînd la 100 cmc soluţie cîte: 10 gr; 20 gr; 30 gr; 40 gr; 50 gr; 60 gr de sulfat de zinc cu 7 molecule de apă.

Impregnarea cărbunelui s-a făcut în modul următor: s-au luat probe de cîte 25 gr cărbune care s-au introdus în soluţiile specificate mai sus; timpul de contact între cărbune şi soluţie a fost de 24 ore. Pentru uniformizarea impregnării soluţia s-a agitat din timp în timp.

Cărbunele astfel impregnat a fost filtrat şi uscat în etuvă la o temperatură de 38° C pînă la pondere constantă.

Creşterea în greutate a cărbunelui după impregnare este ilustrată în tabloul următor:

Tabelul 1

Concentraţia în grame $ZnSO_4.7H_2O$ la 100 cmc soluţie	10	20	30	40	50	60
Creşterea în greutate a probei de 25 gr cărbune iniţial	3,4776	6,6	8,5057	12,8608	14,8550	16,8262
Creşterea în greutate raportată la 100 gr cărbune iniţial	13,91	25,59	34,02	51,44	59,42	67,30

Partea experimentală de adsorbţie s-a efectuat cu ajutorul unei instalaţii formată din: un ventilator, un gazometru, un vas cu soluţie normală de hidroxid de amoniu şi un tub de sticlă în care se introducea cărbunele impregnat. Cu ajutorul ventilatorului se trecea un debit cunoscut de aer prin soluţia normală de hidroxid de amoniu, de unde amestecul de aer-amoniac era trecut prin tubul ce conţine cărbune impregnat.

S-au efectuat probe de adsorbție asupra :

a) cărbunelui activ industrial,

b) cărbunelui de tei activat și neimpregnat,

c) cărbunelui de tei activat și impregnat.

Punctul final al adsorbției cărbunelui a fost determinat în mod precis prin trecerea curentului de aer după tubul cu cărbune într-o soluție puțin acidulată, în care se găsea un indicator.

Pentru determinarea exactă a cantității de amoniac, reținută de către cărbunele impregnat s-a executat dozarea amoniacului din cărbunele impregnat și epuizat.

Dăm mai jos rezultatele practice obținute la experimentările de adsorbție cît și procentele de amoniac reținute de către cărbune în funcție de concentrarea soluției de impregnare.

Tabelul 2

	Cărbune activ	Cărbune neimpregnat	Cărbune impregnat					
			10	20	30	40	50	60
Timpul de rezistență	2'	1'30"	5'56"	7'36"	12'35"	23'58"	17'20"	20'
Volumul aerului l	13,5	8	22	31	45,9	48,6	57,5	76,3
Debitul aerului l/m	6,7	5,3	3,7	4	3,5	3,5	3,3	3,8
Greutatea celor 50 cmc cărbune înainte de adsorbție gr	24,5766	8,9056	10,2730	11,7790	11,5014	13,3148	13,5658	14,4842
Greutatea celor 50 cmc cărbune după adsorbție gr	24,6812	8,9700	10,4686	12,0540	11,8868	13,9090	14,1024	15,1300
Creșterea în greutate a celor 50 cmc cărbune după adsorbție gr	0,1046	0,0644	0,1956	0,2750	0,3858	0,5942	0,5366	0,6458
Creșterea în greutate a cărbunelui după adsorbție, raportată la 100 gr cărbune inițial gr	0,43	0,7230	2,17	2,92	4,49	6,75	6,31	7,46

Din datele experimentale arătate mai sus se constată că timpul de utilizare maxim al cărbunelui impregnat corespunde impregnării cu o soluţie de 40 g $ZnSO_4.7H_2O$, el fiind de 23 minute, cantitatea de amestec aer-amoniac trecută fiind de 84 litri, iar creşterea în greutate a cărbunelui după adsorbţie este de 6,75%. Cu soluţii mai concentrate, ce s-ar folosi la impregnare se observă o creştere mică a adsorbţiei ceea ce nu justifică însă consumul în plus de reactiv. Faţă de cărbunele neimpregnat randamentul a crescut de aproape zece ori.

Acelaşi lucru se verifică în cazul analizei amoniacului făcut asupra cărbunelui impregnat şi epuizat.

Tabelul 3

Grame sulfat de zinc cristalizat, la 100 cmc soluţie	NH_3 procente raportat la cărbunele iniţial
Fără impregnare	1,97
10	1,45
20	2,05
30	3,09
40	6,15
50	6,82
60	7 66

Din datele experimentale efectuate asupra cărbunelui de tei activat şi impregnat cu sulfat de zinc cristalizat cu şapte molecule de apă, se constată următoarele:

1. Utilizarea cărbunelui obţinut din lemnul de tei asigură o capacitate mai mare de adsorbţie.

2. Pentru mărirea capacităţii de adsorbţie se recomandă impregnarea cărbunelui de tei cu o soluţie ce conţine 40 gr $ZnSO_4.7H_2O$ la 100 cmc soluţie. Prin această impregnare se măreşte capacitatea de adsorbţie de circa zece ori.

3. Cantitatea de amoniac adsorbită este în medie de 6,75% din greutatea cărbunelui utilizat;

4. Timpul de utilizare depinde de concentraţia amoniacului în aer;

5. Acest amestec poate fi utilizat în măştile obişnuite de gaze.

In cercetările viitoare se va urmări modul de regenerare a materialului utilizat cît activarea cărbunelui impregnat prin adausuri de alte substanţe.

Catedra de Chimie Generală

BIBLIOGRAFIE

1. Н. А. Зфигуровский, коллоидный журнал, 1951, nr. 3.
2. Kane, Ann. Chim. Phys., 1839, *72*, p. 304.
3. Müller. Liebigs Ann., 1869, *149*, p. 70.
4. Bregeat J. H., Chimie et Industrie, 1928 *4*, p. 690.
5. Daniels J. S., Chimie et Industrie, 1928, *4*, p. 691.
6. Pascal P., *Traité de Chimie Minérale*, Paris, 1932, t. VII, p. 220.

ПРОТЕКЦИЯ РАБОТАЮЩИХ В ПОМЕЩЕНИЯХ НАСЫЩЕННЫХ ГАЗООБРАЗНЫМ АММИАКОМ

(Краткое содержание)

В целях протекции работающих в помещениях насыщенных газообразным аммияком, авторы сообщают, что вещество, приготовленное из липового угля, как носителя, и сернокислого цинка 40% раствором импрегнируются поры угля, способно поглощать газообразный аммиак из воздуха. Эта адсорбционная способность вещества составляет 6,15% первопагальнаго неимпрегнированного угля.

PROTÉCTION DU TRAVAIL DANS LES ENTREPRISES À ATMOSPHÈRE NOCIVE D'AMMONIAC

(R é s u m é)

Afin de protéger le travail dans les milieux viciés par la présence de l'ammoniac gazeux, les Auteurs annoncent le fait que le charbon de tilleul impregné par la solution de 40% de sulfate de zinc este capable d'adsorber l'ammoniac gazeux de l'air.

La capacité d'adsorption de cette substance est de 6,15% du charbon initial non impregné·

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1–2, 1955

ASUPRA COMPORTĂRII LA „SULFONARE" A ULEIULUI DE DELFIN

DE

GH. ALEXA, EUG. POPA şi N. IOAN

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12–13 februarie 1955

Uleiurile „sulfonate", cunoscute încă demult, au căpătat o întrebuinţare tot mai mare, atît în industria textilă, cît şi în industria de pielărie. Dacă la început nu se cunoştea decît uleiul de ricin „sulfonat" sub denumirea de „ulei pentru roş turcesc", astăzi se cunoaşte o serie întreagă de astfel de uleiuri, obţinute din uleiurile grase de natură vegetală sau animală, în a căror compoziţie intră acizi graşi nesaturaţi sau acizi graşi conţinînd grupe hidroxil, cum este cazul uleiului de ricin, în a cărui constituţie, acidul ricin oleic este în proporţie de peste 80%.

„Uleiul pentru roş turcesc", utilizat la început ca agent de mordansare în vopsirea cu culori de alizarină, a devenit în cursul anilor, din ce în ce mai mult utilizat pentru un întreg şir de procese de înobilare în industria textilă, în fabricarea diverselor lickere folosite în gresarea pieilor tanate în crom ca şi în obţinerea unei clase speciale de săpunuri (Monopol şi Tetrapol) ce se obţin saponificînd grăsimile uleiurilor de oase sau seurile în prezenţa unei proporţii jumătate sau egală cu un ulei sulfonat.

In afară de aceste întrebuinţări, uleiurile sulfonate sînt folosite şi ca adaos la soluţiile tanante sub denumirea de ulei de tăbăcit şi de albit, singure sau în amestec cu uleiurile minerale, avînd acţiune de dizolvare şi de dispersie a taninurilor, micşorîndu-le conţinutul părţilor greu solubile sau insolubile, scăzînd astringenţa zemurilor tanante şi prin aceasta favorizînd pătrunderea mai uşoară a taninurilor în fibra dermică, obţinîndu-se totodată şi o piele tăbăcită cu o culoare mai deschisă.

In comerţ se găsesc astăzi diferite produse care nu sînt altceva decît amestecuri de uleiuri „sulfonate" (sulfatate) cu grăsimi sau uleiuri neutre nesulfatate şi acizi graşi liberi. Insuşirea cea mai importantă a uleiurilor sulfatate este capacitatea lor de a forma soluţii limpezi, respectiv emulsii durabile cu apa şi de a emulsiona în apă şi alte substanţe grase insolubile în apă, astfel încît se întrebuinţează în cantităţi mari la prepararea de lickere, cunoscute sub diferite denumiri, ca: Lipon T, Tanapole, Avirol pentru piele, Coripol, Cutapol, etc., care au o capacitate

de emulsionare şi umectare şi care sînt — spre deosebire de săpunuri — mai rezistente faţă de calciu (ape dure) şi chiar în parte şi faţă de acizi.

Cerinţa tot mai mare de uleiuri sulfatate, a făcut ca în afară de uleiul de ricin, considerat ca cel mai potrivit, să se utilizeze pentru sulfonare şi alte uleiuri vegetale sau animale. Printre uleiurile vegetale, care se folosesc sau se pot folosi citǎm: uleiul de măsline, uleiul de floarea soarelui [1], uleiul de sîmburi de struguri şi scaeţi [2], iar printre uleiurile de natură animală citǎm: ulei de copite şi uleiurile de animale marine, etc.

Uleiurile „sulfonate" se obţin prin tratarea uleiurilor cu acid sulfuric concentrat în cantităţi variind între 10—30% sau şi mai mult, respectîndu-se anumiţi factori ca: temperatură, durată de sulfonare, cantitate de acid sulfuric, etc. După terminarea reacţiei se spală excesul de acid cu apă sau mai bine cu soluţii de sare, sau de sulfat de sodiu şi se neutralizează mai mult sau mai puţin cu sodă sau cu amoniac.

In urma acţiunii acidului sulfuric concentrat asupra uleiurilor pot avea loc, după Rose şi Keh [3] următoarele posibilităţi:

a) acidul sulfuric scindează uleiurile neutre cu formare de acizi graşi şi glicerină,

b) acidul sulfuric se fixează apoi la legăturile duble,

c) formarea de esteri sulfurici ai acizilor graşi,

d) formarea de oxiacizi,

e) reducerea acidului sulfuric cu degajare de SO_2,

f) formare de esteri sulfurici ai glicerinei,

g) saponificarea uleiului cu alcalii, utilizat la neutralizarea uleiului sulfonat,

h) formarea de săpunuri din acizi graşi liberi,

i) formarea de săpunuri din esterii sulfurici ai uleiului,

j) formare de sulfat de sodiu sau de amoniu după natura agentului de neutralizare.

Acţiunea principală a acidului sulfuric este că acesta se fixează la legătura dublă a acizilor graşi sau eliberaţi prin hidroliză cu formare de esteri acizi.

$$R.CH{=}CH \ldots COOH + H_2SO_4 \longrightarrow R.CH_2{-}\underset{\displaystyle OSO_3H}{\underset{|}{CH}} \ldots COOH$$

Pe lîngă aceasta în anumite condiţii ar putea avea loc şi o sulfonare adevărată în felul următor:

$$R.CH{=}CH \ldots COOH + H_2SO_4 \longrightarrow R.{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle SO_3H}{\underset{|}{CH}} \ldots COOH$$

Acesta este cazul cînd se utilizează ca agent de sulfonare, oleum.

Dacă sînt prezenţi şi oxiacizi, atunci acidul sulfuric reacţionînd cu grupele hidroxilice formează esteri sulfurici, după egalitatea:

$$R{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} \ldots COOH + H_2SO_4 \longrightarrow R\underset{\displaystyle OSO_3H}{\underset{|}{CH}} \ldots COOH + H_2O$$

De asemenea este posibil ca grupele carboxilice să reacţioneze cu acidul sulfuric, mai ales cu acizii graşi saturaţi conform cu schema:

$$R{-}COOH + H_2SO_4 \longrightarrow R\begin{matrix}=(OH)_2\\ \diagdown OSO_3H\end{matrix}$$

La uleiurile de peşte posibilităţile de reacţiune sînt încă şi mai numeroase, dat fiind că acizii graşi conţin mai multe legături duble, cum sînt acizii clupanodonici.

Uleiurile sulfonate corect denumite sulfatate se pot hidroliza în cursul spălărilor ulterioare, cu formare de oxiacizi, conform reacţiei:

$$R{-}\underset{\underset{OSO_3H}{|}}{CH}\ldots COOH + H_2O \longrightarrow R.\underset{\underset{OH}{|}}{CH}\ldots COOH + H_2SO_4$$

In cazul uleiurilor care cuprind compuşi sulfataţi şi sulfonaţi adevăraţi, numai compuşii sulfataţi sînt hidrolizabili şi transformaţi în oxiacizi.

Uleiurile „sulfonate" sînt apreciate după cantitatea de SO_3 legat organic în molecula gliceridei uleiului, în sensul că cu cît această cantitate este mai mare, cu atît gradul de „sulfonare" al uleiului este mai ridicat, cu atît puterea de emulsionare este mai bună.

După gradul de sulfonare, după solubilitatea în apă şi după puterea de emulsionare a diferitelor uleiuri grase şi minerale în comerţ se găsesc uleiuri „sulfonate" cu un conţinut de 2—5% SO_3 legat organic, care se numesc uleiuri slab sulfonate, uleiuri sulfonate cu un conţinut pînă la 7% SO_3 legat organic, numite uleiuri mijlociu sulfonate şi uleiuri sulfonate cu un conţinut de peste 7% uleiuri, puternic sulfonate. Cele dintîi sînt folosite în industria de pielărie, iar uleiurile din a doua şi a treia categorie sînt întrebuinţate în industria textilă.

I. PARTEA EXPERIMENTALĂ

Sulfonarea uleiului de delfin

Uleiul de delfin se obţine din corpul unor mamifere marine din neamul Delfineilor ca Delfinul mare *(Tursiops truncatus)*, Delfinul comun *(Delphinus delphis)* şi delfinii mici *(Phocaena relicta)* [1].

In 1928, prof. I. Borcea [2] arată că delfinii nu se vînau în mod special, deşi grăsimea lor ar putea fi punctul de plecare al unei importante industrii de săpunuri, pielea de asemenea ar putea găsi întrebuinţări diverse.

Incă de pe atunci problema valorificării delfinilor a fost pusă cu ocazia unui congres internaţional de zoologie, ţinut în anul 1927 la Budapesta unde un naturalist vienez cerea prof. I. Borcea date amănunţite privitoare la delfinii din regiunea Mării Negre cu intenţia de a stabili o societate pentru vînătoarea şi industria produselor de delfin.

Din informaţii recente, delfinii se vînează actualmente în cantităţi destul de mari, pînă la 1000 exemplare pe an; greutatea unui delfin fiind în medie 60 kg. Intreg animalul poate fi valorificat. Astfel, pielea

1. R. Călinescu, *Introducere în biogeografia Romîniei*, Buc., 1946.
2. I. Borcea, *Fauna Mării Negre pe litoralul Dobrogei*, Buc., 1928.

poate fi prelucrată pe piele „antilopă-velur", aşa cum se face în alte părţi, carnea se foloseşte ca făină furajeră şi conserve de calitatea III-a, cum deja se face la noi (Tulcea), glandele endocrine ca produse medicinale (U.R.S.S.), iar grăsimea din diferite părţi ale corpului (cap, piele, corp) îşi găseşte importante întrebuinţări industriale.

Uleiul de delfin cercetat de noi ne-a fost pus la dispoziţie de fabrica de conserve de peşte din Tulcea, şi prezintă la analiză următoarele constante fizico-chimice:

culoarea	galben-roşcat
greutate specifică la 15° C	0,9323
indice de refracţie (20°)	1,4170
indice de aciditate	1,0770
indice de saponificare	234,10
indice de iod (Hanus)	103,82

In compoziţia chimică a uleiului de delfin intră gliceridele acizilor: oleic, palmitic, stearic, valerianic şi importante cantităţi de spermaceti şi acizi clupanodonici [4].

Pentru stabilirea condiţiilor sulfonării uleiului de delfin s-au cercetat diferiţi factori: cantitatea de acid sulfuric, temperatura de sulfonare şi durata de sulfonare.

Analiza uleiurilor sulfonate s-a făcut asupra conţinutului în apă, a materiei grase totale, a acidului sulfuric, exprimat în SO_3 legat organic şi a indicelui de iod [5].

1. Influenţa cantităţii de acid sulfuric asupra sulfonării uleiului de delfin

S-au făcut 6 încercări cu cîte 30 g ulei de delfin, utilizînd cantităţi crescînde de acid sulfuric de d=1,84 şi anume cu 15%, 20%, 25%, 30%, 35% şi 40% acid sulfuric socotit la greutatea uleiului luat în lucru.

Pentru toate cazurile sulfonarea s-a făcut la temperatura de 20° C, acidul sulfuric adăugîndu-se treptat dintr-o pîlnie cu robinet, în timp de 15 minute, sub agitare continuă.

După adăugarea întregii cantităţi de acid sulfuric, s-a mai agitat încă 50 minute menţinînd temperatura de 20° C, după care uleiul sulfonat a fost lăsat în repaos timp de 12 ore. După acest interval de timp, uleiul sulfonat, a fost tratat cu 100 cc dintr-o soluţie de sulfat de sodiu de 20%, după care s-a lăsat să se decanteze timp de 12 ore la 20° C; a urmat apoi o a doua spălare făcută în aceleaşi condiţii.

După spălarea uleiului a urmat neutralizarea cu o soluţie de hidrat de sodiu de 30% la un pH de 6,7—6,9.

Observaţie. In timpul sulfonării culoarea galben-roşcat a uleiului se închide spre cenuşiu închis, iar după spălare cu o soluţie de sulfat de sodiu culoarea devine albicioasă şi după neutralizare uleiul capătă o culoare rubinie şi în cea mai mare parte a cazurilor are un aspect transparent.

Tabelul 1

Influența cantității de acid sulfuric asupra sulfonării uleiului de delfin

Temperatura de sulfonare 20°C
Durata sulfonării 12 ore
Rezultatele calculate la produsul anhidru

% SO_4H_2 întrebuințat raportat la greut. uleiului luat în lucru	15	20	25	30	35	40
% materii grase totale	81,14	69,06	62,86	55,38	73,79	64,70
% SO_3 total	5,75	7,15	12,60	8,93	10,72	11,65
% SO_3 anorganic	1,27	2,56	6,76	2,40	3,06	4,11
% SO_3 combinat organic , . . .	4,48	4 59	5,84	6,53	7,66	7,54
Ind. iod al uleiului sulfonat . . .	74,70	60,67	47,91	43,70	33,75	36,35

Solubilitatea în apă.

Toate uleiurile sulfonate dau cu apa soluții limpezi sau slab opalescente, care se clarifică prin adăugarea cîtorva picături de alcalii. Din tabelul 1 se constată că :

a) Gradul de sulfonare reprezentat prin procentul de SO_3 combinat organic, crește cu cantitatea de acid sulfuric utilizată la sulfonare, atingînd un maximum de SO_3 combinat organic de 8,34% la o cantitate de acid sulfuric de 35%, ca apoi mărind cantitatea de acid sulfuric la 40% cantitatea de SO_3 legat organic să scadă la 7,54%.

b) Se observă de asemenea că indicele de iod al uleiului care este inițial de 103,82% scade cu gradul de sulfonare, atingînd un maximum pentru cantitatea maximă de SO_3 legat organic, ca apoi să scadă. Explicația scăderii indicelui de iod este dată prin aceea că legăturile duble din acizii grași existenți în glicerida uleiului de delfin sînt atacate prin formarea de acizi grași sulfatați.

c) Odată cu creșterea cantității de SO_3 legat organic se remarcă o scădere a materiei grase totale din cauza conținutului în apă a uleiurilor, în funcție de creșterea gradului de sulfonare cînd cantitatea de apă reținută de uleiul sulfonat este mult mai mare.

2. Influența temperaturii asupra sulfonării uleiului de delfin

Influența temperaturii s-a cercetat asupra a opt probe de ulei menținînd constantă cantitatea de acid sulfuric și anume 35% și durata de sulfonare de 12 ore pentru toate probele.

Temperaturile la care s-a lucrat sînt de 0°, 5°, 10°, 15°, 20° și 35° C. Condițiile de lucru, ca la punctul 1.

Rezultatele probelor cercetate sînt consemnate în tabelul 2 din care se constată că temperatura de sulfonare joacă un rol important în sensul că gradul de sulfonare, adică cantitatea de SO_3 legat organic este mai mare la temperaturile de 0°, 5° și 10° C fiind respectiv de 9,06, 9,03 și 8,96 ca apoi să scadă cu creșterea temperaturii, ajungînd la temperatura de 35° C la un procent de SO_3 legat organic numai de 3,47%.

Tabelul 2

Influenţa temperaturii asupra sulfonării uleiului de delfin

Cantitatea de acid 35%
Durata de sulfonare 12 ore.
Rezultatele calculate la produsul anhidru

Temperatura de sulfonare °C	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
% materii grase totale . .	69,02	59,67	59,48	63,60	73,79	72,24	73,19	79,25
% SO_3 total	15,28	15,10	13,16	11,51	10,72	7,17	5,09	4,45
% SO_3 anorganic	6,22	6,07	4,20	3,40	3,06	1,66	0,87	0,98
% SO_3 comb. organic . .	9,06	9,03	8,96	8,11	7,66	5,51	4,22	3,47
Ind. iod al uleiului sulfonat	37,26	37,15	37,59	43,21	43,62	44,53	70,74	71,80

3. Influenţa duratei asupra sulfonării uleiului de delfin

Pentru cele 6 probe executate s-a menţinut constant procentul de acid sulfuric utilizat (35%) şi temperatura de sulfonare (20° C), variind timpul de postreacţie de la 0—48 ore. Rezultatele obţinute sînt consemnate în tabelul 3, din care se constată că o prelungire a contactului între ulei şi acid sulfuric este dăunătoare, în sensul că cu cît durata de postreacţie este mai mare cu atît procentul de SO_3 legat organic este mai mic. Astfel, dacă uleiul sulfonat în condiţiile date mai sus, este trecut imediat după adăugarea acidului sulfuric, la spălările cu soluţiile de sulfat de sodiu, atunci cantitatea de SO_3 legat organic este maximă de 9,93% ca după o durată de 6 ore să scadă la 9,53%, atingînd după 24 ore un procent numai de 4,53%. Aceste scăderi trebuie puse pe seama acţiunii hidrolizante pe care excesul de acid sulfuric o exercită cu atît mai mult cu cît durata de contact între uleiul sulfonat şi acid este mai mare.

Tabelul 3

Influenţa duratei de acţiune a acidului sulfuric asupra sulfonării

Cantitatea de acid sulfuric 35%
Temperatura de sulfonare 20°C
Rezultatele calculate la produsul anhidru

Timpul de sulfonare ore	0	6	12	24	36	48
% materii grase totale .	88,37	89,80	73,79	72,74	70,77	71,11
% SO_3 total	11,78	11,43	10,72	8,80	11,29	8,40
% SO_3 anorganic . . .	1,85	1,90	3,06	2,71	5,04	4,09
% comb. organic . . .	9,93	9,53	7,66	6,09	6,25	4,31
Ind. iod al uleiului sulf.	—	—	—	—	—	—

4. Sulfonarea unui ulei de ricin în condiţii industriale

Pentru compararea calităţilor uleiului de delfin sulfonat am supus sulfonării un ulei de ricin, după metodele industriale cunoscute, utilizînd pentru 100 g de ulei 25 g de acid sulfuric concentrat de 66°Bé (d=1,84), timpul de picurare a acidului fiind de 15 minute, temperatura de sulfo-

nare fiind menţinută la 20°—22° C. După un timp de postreacţie de 12 ore a urmat spălarea în două reprize cu o soluţie de sulfat de sodiu de 20%, după care uleiul sulfonat a fost neutralizat cu o soluţie de NaOH de 30% la un pH=6,7. Uleiul de ricin analizat a dat următoarele rezultate, calculate la uleiul anhidru.

Materii grase totale	79,36%
SO_3 total	5,76%
SO_3 anorganic	0,55%
SO_3 legat organic	5,21%
Indice de iod	61,76%

In paralel s-a determinat cantitatea de SO_3 combinat organic la un ulei de ricin sulfonat procurat din industrie, a cărui valoare în SO_3 s-a găsit de 5,11%.

II. INCERCĂRI PENTRU STABILIREA VALORII PRACTICE A ULEIULUI DE DELFIN SULFONAT

1. Determinarea stabilităţii uleiului sulfonat în apă dură

Valoarea unui ulei sulfonat se măsoară şi după stabilitatea soluţiilor apoase ale uleiurilor sulfonate în apă faţă de sărurile alcalino-teroase. Această stabilitate se datoreşte grupei —SO_3H care dispersează sărurile de calciu şi de magneziu care se formează datorită prezenţei grupei—COOH în molecula uleiului sulfonat. Cu cît sînt mai multe grupe — SO_3H în uleiul sulfonat, cu atît stabilitatea lui faţă de sărurile alcalino-teroase este mai mare. Prezenţa grupei —COOH, respectiv —COONa, micşorează stabilitatea uleiurilor sulfonate faţă de apele dure, totuşi uleiurile sulfonate sînt din punct de vedere al stabilităţii faţă de sărurile alcalino-teroase, superioare săpunurilor.

Pentru încercările uleiului sulfonat am preparat o soluţie în apă distilată de 3 g sulfonat la litru din care s-au luat cîte 500 cc, s-au tratat într-un pahar de 85 mm Φ cu o soluţie de 3,9% $CaCl_2.6H_2O$ şi o soluţie de 4% $SO_4Mg.H_2O$ (corespunzînd la 1000° duritate germană) şi s-a oprit titrarea cînd tulbureala produsă nu mai permitea citirea, prin pahar, a literelor de ziar de 0,5 mm.

Tabelul 4

Acţiunea soluţiei de 3,9% $CaCl_2.6H_2O$ asupra soluţiilor de uleiuri sulfonate la 20°C

Cantitatea de soluţie de ulei sulfonat în apă (3 g ulei la litru)	Numărul de cc soluţie de clorură de calciu
Ulei de ricin sulfonat A_1 (500 cc soluţie)	1,65
Ulei de delfin sulfonat A_2 (500 cc soluţie)	3,10
Ulei de delfin sulfonat A_3 (500 cc soluţie)	10,60

Tabelul 5

Acţiunea soluţiei de 4% $SO_4Mg.7H_2O$ asupra soluţiilor de uleiuri sulfonate la 20°C

Cantitatea de soluţie de ulei sulfonat în apă (3 g ulei la litru)	Numărul de cc soluţie de sulfat de magneziu
Ulei de ricin sulfonat A_1 (500 cc soluţie)	5,90
Ulei de delfin sulfonat A_2 (500 cc soluţie)	24,10
Ulei de delfin sulfonat A_3 (500 cc soluţie)	25,00

2. Determinarea stabilităţii uleiului sulfonat faţă de o soluţie de SO_4H_24N

Stabilitatea faţă de soluţiile de acid sulfuric a fost executată în condiţii identice ca şi pentru cercetările asupra stabilităţii uleiului sulfonat faţă de sărurile de calciu şi magneziu (tabelul 6). Din examinarea tabelelor 4, 5 şi 6 se constată că uleiul de delfin sulfonat în comparaţie cu alte uleiuri sulfonate prezintă o stabilitate mai mare atît faţă de sărurile de calciu şi de magneziu, cît şi faţă de soluţiile de acid sulfuric, ceea ce îi conferă importante avantagii practice în procesul de gresare a pieilor.

Tabelul 6

Acţiunea acidului sulfuric 4N asupra soluţiilor de uleiuri sulfonate la 20°C

Cantitatea de soluţie de ulei sulfonat în apă (3 g ulei la litru)	Numărul de cc soluţie SO_4H_24N
Ulei de ricin sulfonat A_1 (500 cc soluţie)	10,30
Ulei de delfin sulfonat A_2 (500 cc soluţie)	26,70
Ulei de delfin sulfonat A_3 (500 cc soluţie)	53,00

3. Tensiunea superficială

Tensiunea superficială prezintă importanţă în aplicarea sulfonatelor ca agenţi de emulsionare, de umectare, egalizare, etc.

Pentru determinarea tensiunii superficiale s-a folosit metoda stalagmometrică, rezultatele fiind exprimate în unităţi relative (alegînd tensiunea superficială a apei egală cu 100) şi în unităţi absolute (dine/cm).

Intrucît tensiunea superficială este în funcţie de concentraţia uleiului sulfonat dizolvat în apă distilată şi de temperatura soluţiei, am ales o concentraţie utilizată de obicei în exploatare şi anume 3 g/litru la tem-

peratura de 20° C şi 40° C. Rezultatele obţinute cu uleiul de delfin în comparaţie cu uleiul de ricin sulfonat sînt date în tabelul 7.

Din comparaţia rezultatelor respective se constată că uleiul de delfin „sulfonat" are o capacitate mai mare de a scădea tensiunea superficială a apei decît uleiul de ricin sulfonat.

Tabelul 7

Tensiunea superficială a uleiurilor sulfonate

Uleiul cercetat	Temperatura °C	Tensiunea superficială	
		absolută	relativă
Ulei de ricin sulfonat A	20	46,13	63,60
idem	40	43,11	62,00
Ulei de delfin sulfonat B	20	43,31	59,90
idem	40	40,05	57,60
Ulei de delfin sulfonat C	20	44,97	62,00
idem	40	41,80	60,10

4. Incercări de gresare pe pielea de viţel tanată în crom

Incercările de gresare pe piele de viţel tanată în crom cu lickere făcute pe de o parte cu uleiul de delfin sulfonat şi cu ulei de delfin nesulfonat în proporţie de 1/1 şi pe de altă parte cu ulei de ricin sulfonat şi cu ulei de delfin nesulfonat în acelaşi raport au arătat că gresarea pielei se face cel puţin tot aşa de bine utilizînd ca emulgator uleiul de delfin sulfonat în locul uleiului de ricin sulfonat, pielea prezentînd chiar o plinătate mai bună.

III. CONCLUZII DIN EXAMINAREA DATELOR

1. Cantitatea de acid sulfuric concentrat necesar sulfonării raportată la 100 kg ulei de delfin trebuie să fie de 35% (tabelul 1).

2. Temperatura de sulfonare cea mai favorabilă este cuprinsă între 0°—15° C, peste această temperatură se obţin uleiuri slab sulfonate (tabelul 2).

3. Durata de postreacţie, adică momentul în care s-a terminat adăugarea de acid sulfuric şi pînă în momentul cînd urmează spălarea excesului de acid sulfuric să nu depăşească 6 ore (tabelul 3).

4. Incercările de sulfonare făcute cu uleiul de delfin sulfonat, arată că acest ulei se comportă foarte bine la sulfonare, dînd produse care pot fi considerate mai bune decît ca acelea obţinute cu uleiul de ricin sulfonat (vezi tabelele de analiză).

5. Stabilitatea soluţiilor apoase de ulei de delfin sulfonat atît faţă de sărurile alcalino-teroase (ape-dure) cît şi faţă de acizi este superioară aceleia a soluţiilor de ulei de ricin sulfonat.

6. Pe baza datelor obţinute, în sulfonarea uleiului de delfin se impune următorul proces tehnologic:

100 kg ulei de delfin, în prealabil răcit la temperatura de 5—10° C,

se adaugă o cantitate de 35 kg acid sulfuric de 66°Bé (d=1,84) timp de 15 minute (sulfonare rapidă), agitînd moderat şi observînd ca temperatura să depăşească 15° C. După adăugarea întregii cantităţi de acid sulfuric, se mai agită încă 50 minute, după care uleiul sulfonat este lăsat în repaos, la aceeaşi temperatură timp de 3 ore, apoi se adaugă uleiului sulfonat un volum egal dintr-o soluţie de sulfat de 20% ; se agită şi se mai lasă în repaos timp de 12 ore pentru decantare, observînd ca temperatura să nu depăşească 15° C. Urmează a doua spălare, făcută în aceleaşi condiţii. După decantare uleiul sulfonat se neutralizează cu 20 litri dintr-o soluţie de NaOH de 30% pînă la un pH=6,7.

In timpul neutralizării, uleiul sulfonat, care are o culoare brun închis se deschide la culoare, pînă la galben deschis, avînd consistenţa şi aspectul mierii zaharisite, lucru explicabil prin temperatura scăzută (pînă la 10° C). Prin şedere şi revenire la temperatura ambiantă, uleiul se închide la culoare pînă la brun roşcat, devenind limpede complet prin adăugarea unei foarte mici cantităţi de hidrat de sodiu, la un pH=7 (operaţie de finisare).

Randamentul în ulei sulfonat este de 140—145% socotit la uleiul iniţial.

Catedra de Industria Pielei, Blănurilor şi Extractelor Tanante

BIBLIOGRAFIE

1. Otin C. şi Dima M., J. I. S. L. T. C., 1935, p. 443.
2. Dima M., Branişte C. şi Huidovici Mariana, St. şi Cerc. şt. Acad. R.P.R., filiala Iaşi, 1954, t. V, 1—2, p. 154.
3. Schindler W., *Grundlagen des Fettlickerns*, 1928, p. 118.
4. Rose şi Keh, Collegium, 1924, p. 327.
5. Holde D., *Kohlenwasserstofföle Fette*, 1924.
6. Gnamm H., *Die Fettstoffe des Gerbes*, 1943, p. 301.
7. Kubias Jiri, Directive pentru analiza chimică şi valorificarea detergenţilor, a emulgatorilor, a agenţilor de dispersie şi de umezire şi a spumanţilor (I.D.T. Buc.).

К ВОПРОСУ О ПОВЕДЕНИИ ДЕЛЬФИНОВОГО МАСЛА ПРИ СУЛЬФИРОВАНИИ

(Краткое содержание)

Подвергая масло дельфированию авторы установили следующие оптимальные условия реакции.

1. Количество серной кислоты (66° Bé) должно составлять 35% по отношению к весу масла;

2. Температура реакции поддерживается в интервале 0—15°Ц;

3. Продолжительность контакта масла и серной кислоты не должна превышать 6 ч., после чего следует промывание раствором сернокислого натрия.

Стойкость водных растворов сульфированного масла к щелочно-земельным солям (жесткая вода) лучше, по сравнению со стойкостью рицинного сульфированного масла.

Авторы указывают метод сульфирования дельфинового масла : к 100 кг масла прибавляют в течение 15 мин. серную кислоту (66° Bé), перемешивая и наблюдая, чтобы температура не превышала 15°(0—15°Ц).

После введения всего количества серной кислоты, оставляют полученную массу покоиться 3 ч.; затем промывают массу прибавлением равных объёмов раствора сернокислого натрия (20%); оставляют в покое 12 ч., декантируют и промывают как выше. После удаления промывной воды, сульфированное масло нейтрализуют 20-ю л раствора NaOH (30%) до установления pH=6,7. При обычной температуре, сульфированное масло красновато-бурого цвета, становится совсем прозрачным при прибавлении небольшого количества раствора соды (pH=7).

Дельфиновое сульфированное масло может с успехом заменить рицинное сульфированное в замшевании.

SUR LE COMPORTEMENT DE L'HUILE DE DAUPHIN À LA SULFONATION

(Résumé)

En soumettant l'huile de dauphin à la sulfonation, les Auteurs ont établi que les meilleures conditions qu'on doit suivre à la sulfonation, sont les suivantes.

1. La quantité d'acide sulfurique à 66°Bé doit être de 35%, calculée sur le poids de l'huile;

2. La température de la réaction doit être maintenue entre 0° et 15°C;

3. La durée de contact entre l'huile et l'acide sulfurique ne doit pas dépasser six heures, aprés laquelle suit le lavage et la neutralisation.

La stabilité des solutions aqueuses de l'huile de dauphin sulfonée vis-à-vis des sels alcaline-terreux (eaux dures) est meilleure que celle de l'huile de ricin sulfonée.

Dans la préparation des „lickers", l'huile de dauphin sulfonée pourrait être avantageusement employée à la place de l'huile de ricin sulfonée.

Les Auteurs indiquent que la sulfonation de l'huile doit être faite comme suit:

A 100 kg. d'huile on ajoute, en 15 minutes, 35 kg. de l'acide sulfurique à 66°Bé, en agitant et en surveillant que la température ne dépasse pas 15°C (0° — 15°C). Quand toute la quantité d'acide sulfurique a été ajoutée on laisse l'huile en repos pendant trois heures; ensuite on lave, en ajoutant à l'huile sulfonée un egal volume d'une solution de sulfate de natrium à 20%; on laisse en repos 12 heures; on decante et on lave encore une fois avec la même quantité de solution de sulfate de natrium et dans les mêmes conditions.

Ensuite on neutralise l'huile sulfonée avec 20 l. d'une solution de NaOH à 30% jusqu'à pH=6,7.

A la température ordinaire l'huile, qui prend une couleur brune rougeâtre, devient complètement claire si on lui ajoute encore quelques petites quantités de soude (pH=7).

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

NOI SURSE DE MATERII TANANTE

DE

H. HIRSCH, H. HASS şi E. CĂZĂCEANU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Problema lărgirii surselor de procurare de tanin natural frămînta de multă vreme cercurile ştiinţifice din toată lumea.

Savanţii sovietici în special, sînt preocupaţi de punerea în valoare a tuturor resurselor de materii prime.

Pentru acoperirea necesarului de tananţi numai din resurse proprii, Academia de Ştiinţe a Uniunii Sovietice a întreprins un vast studiu cu privire la diverse plante ce ar putea furniza taninul necesar industriei sovietice de tăbăcărie, în permanentă dezvoltare.

Examinînd peste 70 de familii de plante care cresc pe întinsul spaţiu al ţării Sovietelor, executînd mii de analize, Academia de Ştiinţe a Uniunii Sovietice a găsit o nouă plantă care conţine cantităţi masive de tanin în toate părţile ei componente, dar în special în floare, frunze şi rădăcină.

Partea cea mai interesantă în descoperirea făcută de savanţii sovietici o constituie faptul că de data aceasta avem de-a face cu o plantă ierboasă ce dă recolte anuale şi chiar bianuale; planta poate fi cultivată cu uşurinţă, fiind aptă pentru orice fel de teren, oricît de impropriu: nisipos, argilos, pietros, teren umed sau uscat.

Planta găsită de savanţii sovietici poartă numele de Creţuscă, avînd denumirea ştiinţifică *Filipendula ulmaria maxim* şi face parte din familia rozaceelor, genul Spiraee.

Creţusca este o plantă ierbacee, frumoasă, cu aspect decorativ, care creşte pe marginea rîurilor, în luni umede, în fîneţe uscate, pe marginea pădurilor.

Planta are flori mici, albe, care persistă din luna mai pînă în luna august. Florile sînt aşezate în formă de greblă.

Tulpina are o înălţime care variază de la 60—180 cm şi în unele locuri ajunge la 220 cm.

Frunzele au un limb divizat în 5—17 foliole, iar foliola terminală mai mare ca celelalte, este aproape complet divizată în 3 segmenţi. Frunzele sînt de culoare verde, iar pe partea interioară sînt acoperite cu un pufuşor de culoare alb-argintie.

Este cultivată în unele locuri ca plantă de ornament în grădini şi parcuri.

Este o plantă cu gust astringent fiind folosită în medicină ca plantă tonică, sudorifică şi calmantă.

Planta conţine un glucosit purtînd numele de gaulterina şi o diastază numită gaulterază. Prin distilare se obţine o aldehidă salicilică. Florile conţin o esenţă specială care poartă numele de salicină.

Planta este răspîndită aproape în toată Europa, în afară de litoralul mediteranian, unde nu se poate găsi, fiind o plantă proprie ţinuturilor muntoase. In afară de Europa se găseşte în Asia septentrională şi cea occidentală; este naturalizată în unele ţinuturi ale Americii de Nord.

In U.R.S.S. s-au făcut încercări de cultivare ale acestei plante în cîmpuri experimentale, obţinîndu-se bune rezultate, ceea ce arată că ar putea deveni o plantă industrială care să furnizeze parte din taninul necesar industriei de pielărie.

La noi în ţară planta creşte în mod natural prin păduri şi în special pe marginea pădurilor din regiunea muntoasă, fiind cunoscută sub diferite denumiri populare ca: Barba Caprei (în Transilvania), Caprifoi, Pepeneaua, Sînziana Voinicească (în Bucovina), Smîntănica.

Din informaţiile primite de la Institutul Botanic din Cluj, Creţusca este o plantă foarte răspîndită la noi în ţară pe malurile apelor, prin tufe şi păşuni umede din etajul campestru pînă la cel muntos. In cantităţi mai mari se găseşte la: Făgetul Clujului, Valea Mare, Vălcele, Feleac-Turda, Vlădeasa, Stana din Vale (din reg. Oradea), Bilin din Maramureş, Valea Vinului din munţii Rodnei, Băile Sovata, Lazarcea şi Santcrai din Reg. Aut. Maghiară, Corbeni (Argeş), Sinaia, Buşteni, Predeal, Lacul Roşu, Bahna Brebului (din munţii Penteleu), munţii Neamţ, muntele Stănişoara, Voineasca, Valea Slănicului, Bîrnova (lîngă Iaşi), Cacica şi Vatra Dornei, precum şi în multe alte localităţi din ţară.

Cercetătorii sovietici au stabilit la Creţuscă un conţinut de tanin de 8—12% şi că poate da anual pînă la 20 tone plante uscate pe hectar.

Institutul de Cercetări al Industriei de Pielărie din U.R.S.S. a obţinut pentru prima oară în anul 1949 extract tanant din Creţuscă.

Tăbăcindu-se diferite piei cu acest extract tanant s-au obţinut rezultate bune.

Cercetările au arătat că această plantă se adaptează foarte uşor condiţiilor din sol, dînd o recoltă bună şi stabilă. Prin folosirea diferitelor categorii de îngrăşăminte se poate intensifica acumularea de tanin în părţile aeriene ale plantei.

Institutul de Cercetări al Industriei de Pielărie din U.R.S.S. a făcut experienţe cu planta sălbatică, studiind proprietăţile tehnologice ale extractului tanant obţinut din această plantă.

Din analiza soluţiilor apoase de tanin din Creţuscă rezultă că acesta se încadrează în grupa tanaţilor mixşti fiind asemănător cu cel obţinut din coajă de stejar sau salcie.

Prin dizolvarea extractului în apă se obţine un precipitat care prin sulfitare uşoară se dizolvă.

Institutul de Cercetări al Industriei de Pielărie din U.R.S.S. a executat încercări de tăbăcire pentru talpă şi iuft cu tananţi obţinuţi din Creţuscă, folosită în proporţie de 30—100% cu rezultate bune.

S-a stabilit astfel că în ceea ce priveşte viteza de pătrundere, extractul de Creţuscă nu este inferior celui de stejar.

Din punct de vedere organoleptic s-a stabilit că pieile tăbăcite exclusiv numai cu extract obţinut din Creţuscă dau o talpă potrivită pentru încălţămintea cusută pe ramă.

☆

Pornind de la studiile savanţilor sovietici, de care am luat cunoştinţă prin intermediul materialului documentar sovietic [1],[2], am putut stabili că planta care poartă numele de Creţuscă creşte în mod natural şi în ţara noastră. Intrucît problema lărgirii bazei de aprovizionare cu tananţi indigeni ne preocupă de mai multă vreme, avînd în studiu şi alte plante indigene purtătoare de tanin ca : otet, kermek, răchitan, etc., am dat mare atenţie articolului referitor la această problemă publicat în revista *„Uniunea Sovietică"*.

Din articolul semnat de B. Ovcinnikov [1], care este însoţit de fotografia plantei înflorită, ne-am folosit pentru a identifica planta Creţuscă la noi în ţară.

La sfîrşitul lunii iunie 1951 s-au colectat cîteva plante înflorite din împrejurimile localităţii Vatra Dornei, care au fost analizate în laboratorul fabricii „Partizanul" din Bacău, unde s-a stabilit că atît frunzele cît şi celelalte părţi ale plantei conţin tanin, ceea ce a confirmat prima identificare făcută pe cîmp. Aceste analize au arătat că taninul se găseşte în următoarele proporţii în părţile componente ale plantei (rezultatele sînt raportate la 0% umiditate) :

Frunze	8,9 %
Flori	20,5 %
Tulpina	0,59 %

Făcîndu-se o extracţie dintr-o plantă întreagă (tulpină, frunze şi flori) s-a stabilit următoarea compoziţie a extractului :

Reziduul total	21,8 %
Solubile totale	21,5 %
Netaninuri	10,5 %
Tanin	11,2 %
Cenuşă	7,2 %
Cifra de raport	51,8 %

Făcîndu-se o analiză a extractului care a fost filtrat după 24 de ore de depozitare, se constată o scădere a netaninurilor de la 10,3% la 7,7% şi o creştere a cifrei de raport de la 51,8 la 59,7.

S-au făcut colectări de plante din diferite locuri, cu diferite naturi de sol, din jurul localităţii Vatra Dornei, plante din care s-au făcut extracţii de tanin, obţinîndu-se rezultatele arătate în tabelul nr. 1.

Părţile componente ale plantei în această perioadă au următorul conţinut de tanin :

Tabelul 1

Locul colectării	Solub. totale	Netanin	Tanin	Cifra de rap.	Cenuşă	PH	Urme de crom	Inalt. cm.
Făneaţă uscată (deal)	21,2	9.8	11,4	53,7	3,7	5,7	NU	70
Făneaţă (şes)	22,4	11,0	11,4	50,9	8,0	5,7	DA	80
Făneaţă umedă	23,0	12,3	10,7	46.5	7,5	5,6	NU	90-120
Mlaştină	21.0	11,6	9,4	44,7	7,8	5,7	NU	180-220
Pîriu	20,4	11,2	9,2	45.4	7.8	5,6	DA	180-220
Terasament C. F. R.	21,0	10,5	10,5	50,0	7,4	5,4	NU	80-100

Frunze . . . . . 13,5 %
Tulpina . . . . . 3,0 %
Seminţele . . . . . 18,0 %
Rădăcina . . . . . 12,7 %

Conţinutul de tanin al rădăcinilor nu interesează în cazul unei recoltări. Această plantă poate da 2 recolte pe an şi anume: o recoltă în prima parte a lunii iulie, cînd planta este în floare şi a doua recoltă către sfîrşitul lunii septembrie şi începutul lunii octombrie. Prima recoltă poate ajunge între 20—26 tone plantă uscată la hectar. Recolta a doua este cantitativ mai mică decît prima recoltă, însă conţinutul în tanin al plantei este mai ridicat.

Pentru a urmări evoluţia conţinutului în tanin în timp al plantei s-au făcut colectări ale plantei sălbatice la diferite etape, după prima cosire şi s-au obţinut următoarele rezultate:

la cca 30 zile după prima cosire 1,5 % tanin (în luna august)
„ „ 50 „ „ „ „ 1.8 % „
„ „ 75 „ „ „ „ 2,6 % „ (în luna septembrie)
„ „ 90 „ „ „ „ 3,7 % „
„ „ 120 „ „ „ „ 16,3 % „ în luna octombrie)

In această perioadă părţile componente ale plantei au următorul conţinut de tanin:

Frunze . . . . . 17,5 %
Tulpina . . . . . 3,6 %
Seminţe . . . . . 18,0 %

Ceea ce arată o creştere a conţinutului în tanin în toate părţile componente ale plantei.

Pentru a urmări felul cum se comportă planta la extracţie, s-a colectat o cantitate mai mare de plante, către sfîrşitul lunii septembrie

1952, în jurul localităţii Vatra Dornei. Extracţia s-a făcut în mic folosindu-se o baterie improvizată cu 6 vase de extracţie. Temperatura de extracţie a fost de 50—60° C. Proporţia de tanin extrasă raportată la planta uscată a fost de 8,8%.

Pentru a stabili temperatura cea mai potrivită de extracţie a taninului din Creţuscă s-au făcut o serie întreagă de extracţii la temperatura de 30—100° C. S-a constatat că temperatura cea mai potrivită pentru extracţie este de 50° C, cînd randamentul obţinut este tot atît de bun ca şi la extracţia făcută la temperatura de 80—100° C.

Taninul din Creţuscă făcînd parte din grupa tananţilor mixşti se comportă ca şi cel din stejar, în sensul că soluţiile apoase la temperatură mai scăzută formează un precipitat care se dizolvă prin uşoară sulfitare. Cifra de raport este influenţată de acest precipitat şi anume: dacă se face determinarea solubilelor totale, din reziduul obţinut prin evaporarea extractului, imediat după extracţie se obţine o cifră de raport de 49—52, iar dacă solubilele totale se determină din reziduul obţinut după ce extractul a fost lăsat să se depună 24 ore, iar precipitatul a fost îndepărtat prin filtrare, se obţine o cifră de raport mai mare, de 52—62. Rezultă de aici că precipitatul care se depune este format în majoritate din netaninuri.

Examinîndu-se rezultatul analizelor de talpă tăbăcită cu extract de Creţuscă s-a constatat că procentul de cenuşă este mai mare ca la celelalte categorii de talpă tăbăcite cu buchetul normal de tanin. Supunîndu-se unei analize mai atente cenuşa obţinută, s-a constatat că aceasta conţine pe lîngă ceilalţi oxizi şi oxizi de crom; de altfel prezenţa oxidului de crom a fost indicată şi de culoarea verzuie a cenuşei. Intrucît pielea fusese tăbăcită numai cu extract din Creţuscă, s-a tras concluzia că acest extract trebuie să conţină săruri de crom, ceea ce a fost confirmat ulterior prin analizele făcute.

La plantele de Creţuscă care conţin crom, se observă prezenţa acestuia în toate părţile componente ale plantei şi anume:

Frunze	0,2 — 0,5 % oxid de crom
Tulpina	0,1 — 0,4 % „ „ „
Floarea	0,2 — 0,5 % „ „ „
Seminţe	0,2 — 0,5 % „ „ „

Planta are însuşirea de a face o absorbţie selectivă pentru unele săruri metalice cum sînt acelea de cupru, crom, mangan, etc.

Trebuie să remarcăm că planta care creşte în locuri unde solul conţine cantităţi mai ridicate de minereuri de fier, totuşi nu conţine fier, ceea ce confirmă din nou însuşirea de absorbţie selectivă pentru unele săruri.

Extractul tanant obţinut din planta Creţuscă conţine cromul sub formă de săruri care se combină cu gelatina, întrucît solubilele totale obţinute din talpă tăbăcită cu extract de Creţuscă, nu se remarcă prezenţa cromului, în schimb cromul apare sub formă de oxid în cenuşa din talpă.

Pentru a cunoaşte felul cum se comportă planta cînd este transplantată sau cultivată în diferite categorii de sol, precum şi dacă s-ar putea cultiva pe unele terenuri nefolosite, cum sînt terenurile mlăştinoase sau

cele cu pietriş, s-au făcut încercări practice pe mai multe feluri de sol.

Din aceste încercări a reieşit că proporţia de tanin din plantă nu este influenţată în prea mare măsură de natura solului.

De asemenea s-a stabilit că această plantă este o plantă perenă şi că imediat după cosirea primei recolte planta începe din nou să crească, să-şi refacă frunzele şi unele exemplare să capete flori.

Evoluţia conţinutului de tanin din plantă este mai rapidă în special către sfîrşitul sezonului, la începutul lunii octombrie, cînd acumularea de tanin este maximă şi care poate constitui deci perioada cea mai favorabilă pentru recoltare.

Pentru a cunoaşte viteza de pătrundere a taninului din Creţuscă, în comparaţie cu alţi tananţi folosiţi în mod curent, s-au făcut probe paralele de tăbăcire în condiţii similare, folosind utilajul din laborator, neavînd aparate de tăbăcire mecanizate; probele paralele de tăbăcire s-au făcut fără agitare, folosindu-se următorii tananţi pentru comparaţie:

Extract din lemn de stejar,
extract din coajă de stejar,
extract din coajă de molid,
extract din Creţuscă.

S-au executat două serii de probe: unele cu pielea decalcificată, iar altele cu pielea decalcificată şi pretăbăcită cu aldehidă formică.

Din aceste încercări rezultă că viteza de pătrundere a extractului de Creţuscă este asemănătoare cu acea a taninului din extractele din lemn de stejar şi coajă de stejar, fiind superioară vitezei de pătrundere a taninului din molid.

★

Pentru a cunoaşte felul cum se comportă extractul de Creţuscă la tăbăcit, precum şi felul cum se prezintă talpa tăbăcită cu extract de Creţuscă, s-au făcut încercări de tăbăcire pe scară semi-industrială.

Extracţia s-a făcut într-o baterie improvizată, cu 6 vase, la temperatura de 60° C, obţinîndu-se un extract de 3° Bé. Trei zile după extracţie zeama obţinută a fost trecută printr-un filtru pentru a îndepărta precipitatul depus, după care soluţia a fost concentrată la 16° Bé, fiind sulfitată cu 4% sulfit de sodiu şi 4% bisulfit de sodiu (calculat la cantitatea de tanin).

Cu extractul astfel obţinut s-au executat trei probe de tăbăcire.

Pieile cenuşerite, în prealabil, pretăbăcite cu aldehidă formică, spălate ca deobicei şi apoi stoarse la presa cu valţuri au fost introduse direct în butoi, în baia de tanin.

Prima probă s-a tăbăcit numai cu extract de Creţuscă. S-a folosit un extract de Creţuscă de 8° Bé şi flota de 300%; temperatura de tăbăcire a fost de 50°C şi a fost menţinută constantă pînă la terminarea tăbăcitului. Concentraţia a fost treptat ridicată în primele 12 ore pînă la 12° Bé; această concentraţie a fost apoi menţinută constantă pînă la terminarea tăbăcitului. Tăbăcitul a durat în total 48 ore, din care, timp de 24 ore s-a menţinut în agitare.

A doua probă de tăbăcire s-a executat cu un buchet de tanin format din 40% extract de Creţuscă, 20% extract din lemn de stejar, 20% ex-

tract din coajă de stejar şi 20% extract de molid. Tăbăcirea s-a executat în aceleaşi condiţii ca şi la prima probă.

A treia probă a fost tăbăcită cu acelaşi buchet de tanin ca a doua probă, în aceleaşi condiţii, modificîndu-se numai temperatura care de data aceasta a fost menţinută la 40° C.

Tăbăcirea s-a făcut la temperatură mai ridicată pentru următoarele considerente:

1. Gelatina pretăbăcită cu aldehidă formică are o rezistenţă termică ridicată, deci nu există nici un pericol de a tăbăci la temperaturi mai ridicate.

2. Prin ridicarea temperaturii de tăbăcire se obţine o viscozitate potrivită pentru o pătrundere mai rapidă a taninului.

3. La temperatură mai ridicată atît extractul de stejar cît şi cel de Creţuscă nu precipită, deci nu există pericol de înfundare a porilor, ceea ce ar încetini viteza de pătrundere a taninului.

După terminarea procesului de tăbăcire s-a lucrat mai departe pînă la terminare, în mod obişnuit.

Talpa obţinută în aceste 3 probe se prezintă din punct de vedere organoleptic asemănătoare cu aceea fabricată după procedeul obişnuit; culoarea seamănă cu talpa tăbăcită cu extract de stejar. Talpa tăbăcită la temperatură mai ridicată, la 50° C este flexibilă însă ceva mai tare ca aceea tăbăcită la 40° C.

Compoziţia analitică a mostrelor de talpă tăbăcită în cele 3 probe este dată în tabelul următor:

Tabelul 2

Prob. de tăbăc.	Umid. %	Subst. dermică %	Solub. totală	Grăsimi	Cenuşă	Tanin comb.	Absorb.	Proba de acid acetic
I.	13.5	41,2	16,0	2,2	2,9	25,2	26,2	complet
II.	14,1	40,9	15,2	2,3	2,5	25,4	29,7	„
III.	13,3	40,5	16,1	2,4	2,6	25,1	34,5	„

In afară de Creţuscă mai cresc în ţară numeroase alte plante care conţin cantităţi apreciabile de tanin şi care de asemenea nu sînt folosite ca materie primă pentru extracţia taninului, putrezind pe cîmp fără nici-o întrebuinţare şi nici de vite nu sînt mîncate.

S-a observat că pe păşunile unde creşte Creţusca şi celelalte plante cu conţinutul mai mare de tanin ierburile din jurul acestor plante sînt mîncate de vite, însă de aceste plante nu se ating.

Aglica este o plantă asemănătoare cu Creţusca făcînd parte din familia rozaceelor cu denumirea, ştiinţifică de *Spirea filipendula* sau *Filipendula hexapetala*. Planta creşte prin păşuni uscate şi umede, prin poienile din păduri din regiunea muntoasă, precum şi pe malul apelor. In-

floreşte în lunile mai şi iulie. Înălţimea plantelor depinde de natura solului pe care cresc. In fîneţe uscate înălţimea plantelor este de 40—60 cm, iar în locuri umede ajunge la 80—100 cm înălţime. Conţinutul de tanin în perioada de înflorire calculat la planta uscată, este de 6,5—8,5%.

Răchitanul este tot o plantă purtătoare de tanin, face parte din familia Lytracee avînd denumirea ştiinţifică de *Lytrun Salicaria*. Este o plantă ierbacee cu aspect frumos, decorativ, împodobită cu ciorchini de flori de culoare roşie-violet. Creşte la marginea cursurilor de apă, în regiuni umede, fiind răspîndită pe aproape toată întinderea florei noastre. Planta înfloreşte în lunile iulie-septembrie. Înălţimea plantei este de cca. 150—200 cm. Conţinutul în tanin raportat la planta uscată este de 8,5—9% tanin.

Concluzii

1. Creţusca creşte în mod sălbatic în cantităţi mari în multe regiuni ale ţării, putînd fi cultivată cu uşurinţă, întrucît nu are nici o întrebuinţare, nefiind mîncată nici de vite.

2. Conţinutul ridicat în tanin al frunzelor, florilor şi seminţelor arată că această plantă este potrivită pentru a fi folosită ca materie primă în industria de tananţi din ţară.

3. Datorită conţinutului ridicat în tanin, Creţusca poate deveni o plantă industrială care să fie cultivată în mod special ca materie primă pentru industria de tananţi. Pentru cultivarea acestei plante se pot folosi terenuri de calitate inferioară, ce nu au întrebuinţare pentru alte culturi, cum sînt terenurile mlăştinoase.

4. De o importanţă deosebită este faptul că de data aceasta avem de face cu o plantă ierboasă care dă recolte bianuale, spre deosebire de celelalte surse de tanin ce sînt folosite actualmente, cum sînt: coaja de stejar, coaja de molid, care provin de la arbori ce cresc foarte greu, necesitînd zeci de ani pînă devin apţi pentru a furniza tanin. De asemenea trebuie ţinut seama de faptul că lemnul acestor arbori este mult mai bine folosit ca material de construcţie şi că trebuiesc sacrificate suprafeţe imense de păduri care se refac foarte greu pentru a acoperi necesarul de tanin al industriei de tăbăcărie.

5. Extracţia taninului din Creţuscă se face în aceleaşi condiţiuni ca şi din celelalte materiale tanante, putînd fi folosite instalaţiile existente. Taninul extras din Creţuscă se încadrează în grupa tananţilor mixşti, fiind asemănător cu taninul extras din stejar.

6. Extractul obţinut din Creţuscă poate fi folosit fie singur, fie în buchet cu alţi tananţi pentru tăbăcire, obţinîndu-se o talpă de bună calitate asemănătoare cu aceea fabricată prin tăbăcire cu tananţi obişnuiţi. Talpa obţinută prin tăbăcire cu extract din Creţuscă corespunde din punct de vedere organoleptic, fizico-mecanic şi chimic cu condiţiile prevăzute de Standardul în vigoare.

7. Talpa tăbăcită numai cu extract din Creţuscă fiind mai flexibilă, se pretează în special pentru confecţia încălţămintei cusută pe ramă.

„Partizanul"
Fabrică de Pielărie şi Incălţăminte
Bacău

BIBLIOGRAFIA.

1. Ovcivnnikov B., In ciuda autorităţii savanţilor străini, revista „Uniunea Sovietică", No. 2, 1951, p. 30.
2. Красунин М. Н., Легкая промышленность, 1951, Nr. 7, стр. 36-37.
3. Jukoski P. N., *Botanica*, Edit. de Stat pt. liter. ştiinţ. Bucureşti, 1953.
4. Timiriazev K. A., *Viaţa plantelor*, Edit. de Stat pt. liter. ştiinţ., Ed. II,. Bucureşti, 1951.
5. Bonnier Gaston, Flora completă a Franţei, Elveţiei şi Belgiei, vol. III, p. 99.
6. Centrocoop, *Florile medicinale valorificate prin cooperaţia de aprovizionare şi desfacere*, Edit. de Stat pt. liter. ştiinţ. Bucureşti 1953.

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ДУБИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(Краткое содержание)

Filipendula ulmaria maxim растёт в огромных количествах во многих областях нашей страны; её народное название—„крецушка". Растение выращивается легко. Значительное содержание таннидов листьев, цветов и семян крецушки указывает на то, что это растение может служить сырьём в промышленности дубильных экстрактов.

Растение можно выращивать на почвах низкого качества, неиспользуемых для других культур. Будучи травянистым растением, крецушка даёт двугодичный урожай, поэтому крецушка выгоднее других дубильных материалов—дубовые кора и древесина, еловая кора,—которые не дают всего количество сырья, необходимого нашей кожевенной промышленности.

Экстракция таннидов из крецушки ведётся в обычных условиях, для чего можно применять существующее оборудование экстрактивных заводов. Танниды крецушки (катехиновые и пирогалловые) аналогичны дубовым таннидам. Экстракт крецушки можно использовать как таковой, так и в смеси с другими экстрактами.

Кожа, полученная дублением экстрактом из крецушки, хорошего качества и соответствует требованиям, предъявленными настоящими стандартами.

NOUVELLES SOURCES DE MATIÈRES TANNANTES

(Résumé)

Filipendula ulmaria maxim connue en Roumanie sous le nom de „Creţuşca" croit à l'état sauvage et en grandes quantités dans certaines régions de notre pays, mais elle pourrait être cultivée.

La teneur en tanin de 9,2-11,6 pour cent, montre que cette plante pourrait devenir une plante industrielle dans la fabrication des extraits tannants.

Il est interessant de signaler que la culture de cette plante ne demande que des terrains de moindre importance, qui ne pourraient pas être employés pour d'autres cultures.

„Creţuşca" presente de l'importance aussi par le fait que, étant une plante herbacée qui donne des récoltes bisanuelles, elle est plus avanta-

geuse que d'autres matières tannantes comme l'écorce de chêne et l'écorce de sapin, employées dans notre pays, mais qui proviennent des arbres qui poussent difficilement et qui ne peuvent pas donner toute la matière tannante nécessaire au développement de l'industrie du cuir de notre pays.

L'extraction du tanin de cette matière tannante peut être conduite dans les conditions habituelles d'extraction et dans les instalations existentes á nos fabriques d'extraits tannants.

L'extrait de „Creţuşca" est semblable à celui d'écorce de chêne et pourrait être employé seul ou en melange avec d'autres extraits tannants.

Le cuir de semelle obtenu avec cet extrait est de bonne qualité étant semblable à celui obtenu avec d'autres extraits tannants et corespond aux conditions imposées par le STAS en vigueur.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

RANDAMENTUL TRANSMISIEI ENERGIEI ELECTRICE PRIN CUADRIPOLI

NOTA IV

Transmisia energiei prin cuadripoli nereciproci

DE

HUGO ROSMAN ŞI ALFRED BRAIER

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

1. *Introducere.* Informaţiile furnizate de literatură ([1]—[9]), privind regimul energetic al cuadripolilor nereciproci şi în special cel al cuadripolilor activi, sînt extrem de sumare; cauza o atribuim, cel puţin în ceea ce priveşte cuadripolii activi, dificultăţilor create de existenţa surselor incluse în structura cuadripolului activ, mai precis, de necesitatea unei aprecieri exacte a contribuţiei acestor surse în procesul energetic.

In această Notă vom construi o teorie a regimului energetic al cuadripolilor nereciproci riguroasă, în ceea ce priveşte cuadripolii pasivi (de tip Bode [10]) şi într-o anumită măsură restrictivă, în ceea ce priveşte cuadripolii activi.

Pentru a diminua şi eventual înlătura dificultăţile semnalate iniţial, este posibil a introduce o restricţie în ceea ce priveşte puterea surselor incluse în structura cuadripolului şi anume, să se considere numai cazurile în care puterea acestor surse este redusă faţă de puterea transmisă. Introducem această restricţie numai în cazuri speciale fără a modifica formalismul calculului şi numai cu scopul de a menţine semnificaţia uzuală a unor noţiuni ca randament ş. a. In acest scop, în cele ce urmează vom lua în considerare numai cazurile corespunzătoare unei *transmisii efective* a energiei, pentru care, randamentul transmisiei energiei active precum şi puterea absorbită sau furnizată de cuadripol iau valori numai din mulţimea numerelor pozitive.

Mijloacele de cercetare sînt cele utilizate în Notele anterioare [11]—[13].

2. *Randamentul transmisiei energiei active.* Fie

$$\left\| \begin{matrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} A & B \\ C & D \end{matrix} \right\| \cdot \left\| \begin{matrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{matrix} \right\| \tag{1}$$

ecuaţiile cuadripolului şi $\delta = \det \begin{Vmatrix} A & B \\ D & C \end{Vmatrix}$. Rezolvînd ecuaţiile (1) în raport cu $\dot{U}_2, \dot{I}_2$, se obţine

$$\begin{Vmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{Vmatrix} = \frac{1}{\delta} \begin{Vmatrix} D & -B \\ -C & A \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{Vmatrix}. \tag{1}$$

Puterea activă la ieşire fiind $P_2 = \mathrm{Re}(\dot{U}_2 \overset{*}{\dot{I}_2})$, ţinînd seama de (1') se obţine

$$P_2 = \frac{\dot{U}_1^2}{|\delta|^2}\left[-\mathrm{Re}(\overset{*}{C}D) - \frac{\mathrm{Re}(\overset{*}{A}B) - R_1\,\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}) - X_1\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{R_1^2+X_1^2}\right], \tag{2}$$

R_1 şi X_1 fiind rezistenţa de intrare, respectiv reactanţa de intrare.

Pentru randamentul transmisiei energiei în sens direct $\eta_{12} = \dfrac{P_2}{P_1}$, ţinînd seama că $P_1 = \dfrac{U_1^2}{R_1^2+X_1^2}R_1$, se obţine expresia

$$\eta_{12} = \frac{1}{|\delta|^2}\left[\frac{X_1\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}) - (R_1^2+X_1^2)\mathrm{Re}(\overset{*}{C}D) - \mathrm{Re}(\overset{*}{A}B)}{R_1} + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})\right]. \tag{3}$$

Atît puterea P_2 transmisă receptorului cît şi randamentul η_{12} pot fi exprimate în funcţie de rezistenţa de ieşire R_2 şi de reactanţa de ieşire X_2. Astfel avem $P_2 = R_2 I_2^2$, iar $\dot{I}_2 = \dfrac{\dot{U}_1}{AZ_2+B}$, de unde rezultă

$$P_2 = U_1^2 \frac{R_2}{|A|^2(R_2^2+X_2^2)+|B|^2+2R_2\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})+2X_2\mathrm{Im}(\overset{*}{A}B)} \tag{4}$$

iar

$$\frac{1}{\eta_{12}} = \frac{(R_2^2+X_2^2)\mathrm{Re}(A\overset{*}{C}) - X_2\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+\overset{*}{B}C) + \mathrm{Re}(B\overset{*}{D})}{R_2} + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}). \tag{5}$$

Pentru ca randamentul η_{12} să admită valori extreme este necesar şi suficient ca pentru $R_1 = R_{1\eta}^{(12)}$ şi $X_1 = X_{1\eta}^{(12)}$ ($R_{1\eta}^{(12)}$ şi $X_{1\eta}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\dfrac{\partial\eta_{12}}{\partial R_1} = \dfrac{\partial\eta_{12}}{\partial X_1} = 0$) să avem $\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial R_1^2}\cdot\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial X_1^2} - \left(\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial R_1\partial X_1}\right)^2 > 0$ şi $\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial X_1^2} \lesseqgtr 0$,

sau, ca pentru $R_2 = R_{2\eta}^{(12)}$ şi $X_2 = X_{2\eta}^{(12)}$ ($R_{2\eta}^{(12)}$ şi $X_{2\eta}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\dfrac{\partial(^1|\eta_{12})}{\partial R_2} = \dfrac{\partial(^1|\eta_{12})}{\partial X_2} = 0$) să avem $\dfrac{\partial^2(^1|\eta_{12})}{\partial R_2^2}\cdot\dfrac{\partial^2(^1|\eta_{12})}{\partial X_2^2} - \left[\dfrac{\partial^2(^1|\eta_{12})}{\partial R_2\partial X_2}\right]^2 > 0$ şi $\dfrac{\partial^2(^1|\eta_{12})}{\partial X_2^2} \lesseqgtr 0$.

Avînd în vedere că

$$R_{1\eta}^{(12)} = \frac{\varepsilon\sqrt{4\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) - [\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2}}{2\mathrm{Re}(C\overset{*}{D})};\quad X_{1\eta}^{(12)} = \frac{\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{2\mathrm{Re}(C\overset{*}{D})} \tag{6}$$

şi

$$(7)\qquad R_{2\eta}^{(12)}=\frac{\varepsilon\sqrt{4\mathrm{Re}(\overset{*}{AC})\mathrm{Re}(\overset{*}{BD})-[\mathrm{Im}(AD+B\overset{*}{C})]^2}}{2\mathrm{Re}(\overset{*}{AC})};\quad X_{2\eta}^{(12)}=-\frac{\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+BC)}{2\mathrm{Re}(\overset{*}{AC})},$$

se obţine

$$(8)\begin{cases}\left[\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial R_1^2}\cdot\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial X_1^2}-\left(\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial R_1\partial X_1}\right)^2\right]_{R_1=R_{1\eta}^{(12)};\ X_1=X_{1\eta}^{(12)}}= \\ =\dfrac{16}{|\delta|^4}\cdot\dfrac{[\mathrm{Re}(\overset{*}{C}D)]^4}{4\mathrm{Re}(\overset{*}{A}B)\mathrm{Re}(C\overset{*}{D})-[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2}, \\ \left[\dfrac{\partial^2\eta_{12}}{\partial X_1^2}\right]_{R_1=R_{1\eta}^{(12)};\ X_1=X_{1\eta}^{(12)}}=-\dfrac{4}{|\delta|^2}\cdot\dfrac{[\mathrm{Re}(\overset{*}{C}D)]^2}{\varepsilon\sqrt{4\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Re}(C\overset{*}{D})-[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]}}\end{cases}$$

şi

$$(9)\begin{cases}\left[\dfrac{\partial^2(1/\eta_{12})}{\partial R_2^2}\cdot\dfrac{\partial^2(1/\eta_{12})}{\partial X_2^2}-\left[\dfrac{\partial^2(1/\eta_{12})}{\partial R_2\partial X_2}\right]^2\right]_{R_2=R_{2\eta}^{(12)};\ X_2=X_{2\eta}^{(12)}}= \\ =16\dfrac{[\mathrm{Re}(\overset{*}{AC})]^4}{4\mathrm{Re}(\overset{*}{AC})\mathrm{Re}(\overset{*}{BD})-[\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})]^2}, \\ \left[\dfrac{\partial^2(1/\eta_{12})}{\partial X_2^2}\right]_{R_2=R_{2\eta}^{(12)};\ X_2=X_{2\eta}^{(12)}}=\dfrac{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{C})]^2}{\varepsilon\sqrt{4\mathrm{Re}(\overset{*}{A}C)\mathrm{Re}(\overset{*}{B}D)-[\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+\overset{*}{B}C)]^2}}, \\ (\varepsilon=\pm 1).\end{cases}$$

Din (5) şi (7) rezultă că $|Z_{1\eta}^{(12)}|=\sqrt{\dfrac{\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}{\mathrm{Re}(C\overset{*}{D})}}$ şi $|Z_{2\eta}^{(12)}|=\sqrt{\dfrac{\mathrm{Re}(\overset{*}{B}D)}{\mathrm{Re}(\overset{*}{A}C)}}$, care sînt echivalente cu $P_{10}=P_{1sc}$, respectiv $P_{20}=P_{2sc}$, pentru valori nominale ale tensiunii şi curentului la bornele de ieşire, respectiv la bornele de intrare, ceea ce constituie o generalizare a unui rezultat stabilit de către Polivanov [14] în cazul particular al cuadripolilor reciproci.

Pentru orice cuadripol nereciproc este valabilă identitatea

$$(10)\qquad\begin{aligned}&[\mathrm{Re}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})]^2-4\mathrm{Re}(\overset{*}{A}B)\mathrm{Re}(\overset{*}{C}D)+[\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})]^2= \\ &=[\mathrm{Re}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})]^2-4\mathrm{Re}(B\overset{*}{D})\mathrm{Re}(A\overset{*}{C})+[\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})]^2=|\delta|^2.\end{aligned}$$

Adăugăm relaţiile evidente

$$(11)\qquad \mathrm{Re}(A\overset{*}{B})=\frac{P_{2sc}}{I_1^2};\ \mathrm{Re}(C\overset{*}{D})=\frac{P_{20}}{U_1^2};\ \mathrm{Re}(A\overset{*}{C})=\frac{P_{10}}{U_2^2};\ \mathrm{Re}(B\overset{*}{D})=\frac{P_{1sc}}{I_1^2}.$$

Referindu-ne la cazul *transmisiei efective*, definit iniţial, este necesar şi suficient a avea $R_1 > 0$, $R_2 > 0$, sau în cazul particular al transmisiei active cu randament extrem $R_{1\eta}^{(12)} > 0$, $R_{2\eta}^{(12)} > 0$. Avînd în vedere (8) şi (9) şi ţinînd seama de (10) şi (11), obţinem

Teorema 1. *Condiţiile necesare şi suficiente pentru ca randamentul transmisiei efective a energiei active prin cuadripoli nereciproci, să admită valori extreme sînt:*

I. *Pentru maximum* ($\varepsilon = +1$),

$$\text{a) } 4\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) - [\mathrm{Im}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 > 0,$$

$$\text{b) } \mathrm{Re}(\overset{*}{A}C) > 0\,;\ \mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) > 0\,.$$

II. *Pentru minimum* ($\varepsilon = -1$),

$$\text{a) } 4\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) - [\mathrm{Im}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 > 0,$$

$$\text{b) } \mathrm{Re}(\overset{*}{A}C) < 0\ ;\ \mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) < 0.$$

Observaţii.

1. Condiţiile I a şi II a se pot scrie şi sub forma $[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 > |\delta|^2$ unde s-a avut în vedere identitatea (10).

2. Condiţiile I b sînt echivalente cu $P_{10} = P_{1sc} > 0$, respectiv $P_{20} = P_{2sc} > 0$, iar condiţiile II b sînt echivalente cu $P_{10} = P_{1sc} < 0$, respectiv $P_{20} = P_{2sc} < 0$, pentru valori nominale ale tensiunii şi curentului la bornele de ieşire, respectiv de intrare.

3. Condiţiile I a şi I b sînt satisfăcute de orice cuadripol reciproc [13].

Pentru determinarea expresiei randamentului extremum, înlocuim în (3) pe R_1 şi X_1 cu valorile date de (6), iar în (5) pe R_2 şi X_2 cu valorile date de (7). Se obţine

$$\eta_{12\,extr} = \frac{1}{|\delta|^2}\cdot\left\{-\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2} + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})\right\} = \tag{12}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2} + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})}\,.$$

Pentru cazul alimentării inverse a cuadripolilor nereciproci se ajunge la concluzii analoage. Mai mult, *condiţiile în care un cuadripol nereciproc alimentat în sens invers transmite efectiv energia activă cu valori extreme pentru randament sînt identice cu cele corespunzătoare alimentării cuadripolului în sens direct.*

Se poate arăta că pentru orice cuadripol activ avem

$$Z_{1\eta}^{(12)} = \overset{*}{Z}_{1\eta}^{(21)} \quad \text{şi} \quad Z_{2\eta}^{(12)} = \overset{*}{Z}_{2\eta}^{(21)}\,,$$

rezultat care generalizează o teoremă stabilită anterior [10, p. 65], privitor la cazul particular al cuadripolilor reciproci.

In ceea ce priveşte randamentul extremum, se obţine formula

$$\eta_{21\,extr} = \frac{|\delta|^2}{\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2 + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}} = \tag{13}$$

$$= -\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2 + \mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}\,.$$

Din (12) şi (15) rezultă

$$\eta_{12\,extr} = \frac{\eta_{21\,extr}}{|\delta|^2}\,. \tag{14}$$

Numind cuadripolii care satisfac condiţia $|\delta| = 1$ cuadripoli *cvasireciproci*, avem

Teorema 2. *Cuadripolii cvasireciproci sînt singurii cuadripoli nereciproci care transmit cu acelaşi randament extremum energia activă atît în sens direct cît şi în sens invers.*

Cvadripolii cvasireciproci se caracterizează prin relaţiile

$$|Z_{12}| = |Z_{12}| \quad ; \quad |Y_{12}| = |Y_{21}| \quad ; \quad |D_{11}| = |D_{22}|\,,$$

Z_{pq} fiind elementele matricii impedanţă, Y_{pq}—elementele matricii admitanţă iar D_{pq}—elementele matricii serie-paralel $(p,q = 1,2)$ [1].

Astfel de cuadripoli cvasireciproci au fost puşi în evidenţă de către R. Julia şi J. Fallou [15] într-un studiu privitor la teoria reţelelor polifazate conservative. Mai recent, Fr. Raymond [16] a semnalat astfel de cuadripoli şi în teoria reţelelor polifazate disipative cu restricţia ca cuplajul între bornele de intrare şi ieşire ale cuadripolului echivalent reţelei să fie pur reactiv.

Teorema 2 generalizează un rezultat găsit de Polivanov [14] valabil pentru cazul particular al cuadripolilor reciproci.

Ecuaţia (3) permite a se studia aspectul geometric al funcţiei $\eta_{12} = f_1(R_1, X_1)$; se constată uşor că (3) reprezintă ecuaţia unei cuadrice şi anume:

a) Dacă $\delta\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) \neq 0$ iar $[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2 > |\delta|^2$, cuadrica (3) reprezintă un *hiperboloid cu două pînze; randamentul admite valori extreme.*

b) Dacă $\delta\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) \neq 0$ iar $[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2 < |\delta|^2$, cuadrica (3) reprezintă un *hiperboloid cu o pînză; randamentul nu admite valori extreme.*

c) Dacă $\delta\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) \neq 0$ iar $\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}) = \pm\delta$, cuadrica (3) reprezintă un *con; randamentul nu admite valori extreme.*

d) Dacă $\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) = 0, \delta \neq 0$ iar $\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}) \neq 0$, cuadrica (3) reprezintă un *paraboloid hiperbolic; randamentul nu admite valori extreme.*

e) Dacă $\mathrm{Re}(C\overset{*}{D}) = 0, \delta \neq 0$ iar $\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C}) = 0$, cuadrica (3) reprezintă *două plane concurente; randamentul nu admite valori extreme.*

f) Dacă $\delta = 0$, impedanţa de intrare Z_1 este independentă de impedanţa de ieşire Z_2. Într-adevăr, dacă în $Z_1 = \dfrac{AZ_2+B}{CZ_2+D}$ se face, de exem-

plu, substituţia $D=\frac{BC}{A}$ ($\delta=0$), se obţine $Z_1=\frac{A}{C}$. Pentru cazul particular al cuadripolilor nereciproci având $\delta=0$, randamentul se poate evalua numai cu ajutorul formulei (5).

Am stabilit astfel

Teorema 3. *Ecuaţia* $\eta_{12}=f_1(R_1,X_1)$ *poate reprezenta un hiperboloid cu două pînze, sau un hiperboloid cu o pînză, sau un con, sau un paraboloid hiperbolic, sau două plane concurente reale. Randamentul transmisiei efective a energiei active prin cuadripoli nereciproci admite valori extreme numai dacă ecuaţia* $\eta_{12}=f_1(R_1,X_1)$ *reprezintă un hiperboloid cu două pînze şi reciproc.*

Un rezultat asemănător se obţine în cazul alimentării inverse a cuadripolului.

3. *Puterea activă* P_2. Pentru ca puterea activă P_2 transmisă receptorului să admită valori extreme este necesar şi suficient ca pentru $R_1=R_{1P_2}^{(12)}$ şi $X_1=X_{1P_2}^{(12)}$ ($R_{1P_2}^{(12)}$ şi $X_{1P_2}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\frac{\partial P_2}{\partial R_1}=\frac{\partial P_2}{\partial X_1}=0$) să avem $\frac{\partial^2 P_2}{\partial R_1^2}\cdot\frac{\partial^2 P_2}{\partial X_1^2}-\left(\frac{\partial^2 P_2}{\partial R_1\partial X_1}\right)^2>0$ şi $\frac{\partial^2 P_2}{\partial X_1^2}\lesseqgtr 0$, sau, ca pentru $R_2=R_{2P_2}^{(12)}$ şi $X_2=X_{2P_2}^{(12)}$ ($R_{2P_2}^{(12)}$ şi $X_{2P_2}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\frac{\partial P_2}{\partial X_2}=\frac{\partial P_2}{\partial X_2}=0$) să avem $\frac{\partial^2 P_2}{\partial R_2^2}\cdot\frac{\partial^2 P_2}{\partial X_2^2}-\left(\frac{\partial^2 P_2}{\partial R_2\partial X_2}\right)^2>0$ şi $\frac{\partial^2 P_2}{\partial X_2^2}\lesseqgtr 0$.

Ţinînd seama că

$$(15)\qquad \begin{cases} R_{1P_2}^{(12)}=\dfrac{2\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2}; \\ X_{1P_2}^{(12)}=\dfrac{2\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2} \end{cases}$$

şi

$$(16)\qquad R_{2P_2}^{(12)}=\frac{\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}\ ;\ X_{2P_2}^{(12)}=\frac{\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}$$

se obţine

---

1) Pentru $R_2=-\frac{\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}$; $X_2=\frac{\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}$, adică atunci cînd $Z_2=-Z_{2sc}$, se obţine $P_2=\infty$ ($I_2=\infty$).

$$(17)\quad \begin{cases} \left[\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial R_1^2}\cdot\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial X_1^2}-\left(\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial R_1\partial X_1}\right)^2\right]_{R_1=R_{1P_2}^{(12)};\ X_1=X_{1P_2}^{(12)}} = \\ \quad =\dfrac{U_1^4}{|\delta|^4}\cdot\dfrac{\left\{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2\right\}^4}{64[\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})]^6}, \\ \left[\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial X_1^2}\right]_{R_1=R_{1P_2}^{(12)};\ X_1=X_{1P_2}^{(12)}} = -\dfrac{U_1^2}{|\delta|^2}\dfrac{\left\{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2\right\}^2}{8[\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})]^3} \end{cases}$$

şi

$$(18)\quad \begin{cases} \left[\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial R_2^2}\cdot\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial X_2^2}-\left(\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial R_2\partial X_2}\right)^2\right]_{R_2=R_{2P_2}^{(12)};\ X_2=X_{2P_2}^{(12)}} = \dfrac{|A|^8U_1^4}{64[\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})]^6}, \\ \left[\dfrac{\partial^2 P_2}{\partial X_2^2}\right]_{R_2=R_{2P_2}^{(12)};\ X_2=X_{2P_2}^{(12)}} = -\dfrac{|A|^4U_1^2}{8[\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})]^3}. \end{cases}$$

Luăm în considerare, cu semnificaţia precizată anterior, numai cazul *transmisiei efective* a puterii active extreme. Pentru aceasta este necesar şi suficient a avea $R_{1P_2}^{(12)}>0$ şi $R_{2P_2}^{(12)}>0$ sau ţinînd seama de (15) şi (16)

$$(19)\qquad \mathrm{Re}(A\overset{*}{B})>0\ ;\ \mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})>0.$$

Din (17) şi (18) se constată că puterea activă transmisă receptorului admite o valoare minimă pentru $\mathrm{Re}\,(A\overset{*}{B})<0$, care contravine condiţiei de transmisie efectivă (19). Rămîne posibil, în aceste condiţii, numai cazul transmisiei puterii active maxime.

Pentru transmisia efectivă a puterii active în cazul alimentării inverse trebuie îndeplinite condiţiile

$$(20)\qquad \mathrm{Re}(\overset{*}{B}D)>0\ ;\ \mathrm{Re}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})>0.$$

Din (17) şi (18) şi ţinînd seama de (19) şi (20) rezultă

Teorema 4. *Condiţiile necesare şi suficiente pentru ca un cuadripol nereciproc să transmită efectiv puterea activă maximă sînt:*

a) $\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})>0$.

b) $\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})>0$; $\mathrm{Re}(B\overset{*}{D})>0$.

Observaţii.

1. Condiţiile *b*, în virtutea relaţiilor (11), sînt echivalente cu $P_{2sc}>0$, respectiv $P_{1sc}>0$.

2. Condiţiile *a* şi *b* sînt îndeplinite de orice cuadripol reciproc [13].

3. Din relaţiile (7) şi (15), se poate arăta, ţinînd seama şi de (10) că

$$X_{1P_2}^{(12)} \leq X_{1\eta}^{(12)} . \tag{21}$$

Dacă în (3) înlocuim pe R_1 şi X_1 cu valorile date de (15) se obţine *randamentul transmisiei efective a puterii active maxime în sens direct* şi anume

$$\bar{\eta}_{12} = \frac{1}{2\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})} . \tag{22}$$

Făcînd un calcul similar, se obţine pentru *randamentul transmisiei efective a puterii active maxime în sens invers, expresia*

$$\bar{\eta}_{21} = \frac{|\delta|^2}{2\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})} . \tag{23}$$

Din (22) şi (23) rezultă

$$\bar{\eta}_{12} = \frac{\bar{\eta}_{21}}{|\delta|^2} . \tag{24}$$

Am stabilit astfel

Teorema 5. *Cuadripolii cvasireciproci sînt singurii cuadripoli nereciproci care transmit efectiv cu acelaşi randament puterea activă maximă atît în sens direct cît şi în sens invers.*

Eliminînd $\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})$ între (12) şi (22) se obţine

$$\eta_{12extr} = \frac{1}{2|\delta|^2\bar{\eta}_{12}}\left(-\sqrt{1 - 4|\delta|\bar{\eta}_{12}^2} + 1\right) \tag{25}$$

şi rezolvînd în raport cu $\bar{\eta}_{12}$ se obţine

$$\bar{\eta}_{12} = \frac{\eta_{12extr}}{|\delta|^2\eta_{12extr}^2 + 1} . \tag{26}$$

Din (25), ţinînd seama că $\bar{\eta}_{12}$ poate lua orice valori din mulţimea numerelor pozitive, rezultă

$$\bar{\eta}_{12} \leq \frac{1}{2|\delta|} . \tag{27}$$

Teorema 5, precum şi relaţiile (25), (26) şi (27) generalizează unele rezultate găsite anterior [12], valabile pentru cazul cuadripolilor reciproci.

Pentru a calcula puterea activă P_2 transmisă efectiv de un cuadripol activ, randamentul transmisiei avînd valori extreme, substituim în (2) pe R_1 şi X_1 cu valorile date de (6); se obţine

$$\bar{P}_2 = \frac{U_1^2}{2\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})} \cdot \frac{\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2}}{\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C}) + \sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D} + B\overset{*}{C})]^2 - |\delta|^2}} . \tag{28}$$

Deoarece $P_{2max}=\dfrac{U_1^2}{4\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}$, pentru raportul $p_{12}=\dfrac{P_2}{P_{2max}}$ se obține expresia

$$p_{12}=2\frac{\sqrt{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2-|\delta|^2}}{\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})+\sqrt{[\mathrm{Re}A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2-|\delta|^2}}. \tag{29}$$

Din (12) și (29) rezultă relația

$$|\delta|^2\eta_{12\,extr}^2+p_{12}=1. \tag{30}$$

Relația (29) pune în evidență următorul aspect: pentru o anumită categorie de cuadripoli nereciproci (corespunzător unei anumite valori a lui $|\delta|$), randamentul maxim[1]) al transmisiei efective a energiei active se obține la transmisia unor puteri active reduse și invers, transmisia efectivă a puterii active maxime se poate efectua numai cu un randament relativ scăzut.

Din (30) rezultă totodată că *transmisia efectivă a puterii active maxime cu randament maxim este posibilă numai în cazul cuadripolilor nereciproci avînd* $|\delta|=0$ ($\eta_{12\,max}\neq 0$). Asupra acestui aspect vom reveni ulterior.

Menționăm că coeficientul p_{12} poate fi exprimat în funcție de *coeficientul atenuării de lucru* corespunzător randamentului extremum $a_{l_{\eta extr}}$ [17] și anume $p_{12}=\exp.(-2a_{l_{\eta extr}}^{(12)})$.

In fig. 1 s-a reprezentat familia de parabole coaxiale $\eta_{12\,max}=f(p_{12})$, pentru diferite valori ale lui $|\delta|$.

Notînd cu p_{21} raportul $\dfrac{P_1}{P_{1\,max}}$ dintre puterea activă transmisă efectiv de un cuadripol nereciproc alimentat în sens invers, cînd randamentul are valori extreme și puterea activă maximă transmisă efectiv de același cuadripol alimentat în sens invers se obține

$$p_{12}=\frac{p_{21}}{|\delta|^2}. \tag{31}$$

In cazul cuadripolilor cvasireciproci avem $p_{12}=p_{21}$.

4. *Puterea reactivă* Q_2. Puterea reactivă la ieșire fiind $Q_2=\mathrm{Im}(\dot{U}_2\overset{*}{I}_2)$ ținînd seama de (1') se obține

$$Q_2=\frac{U_1^2}{|\delta|^2}\left[-\mathrm{Im}(\overset{*}{C}D)-\frac{\mathrm{Im}(\overset{*}{A}B)-R_1\mathrm{Im}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})+X_1\mathrm{Re}(\overset{*}{A}D+B\overset{*}{C})}{R_1^2+X_1^2}\right]. \tag{32}$$

De asemenea Q_2 se poate exprima în funcție de R_2 și X_2 și anume: de oarece $Q_2=X_2I_2^2$ iar $\dot{I}_2=\dfrac{\dot{U}_1}{AZ_2+B}$, se obține

1) Aici și în cele ce urmează ne referim numai la cazul randamentului maxim, admițînd ca fiind îndeplinite condițiile I *a* și *b* (Teorema 4).

$$(33) \qquad Q_2 = U_1^2 \frac{X_2}{|A|^2(R_2^2 + X_2^2) + |B|^2 + 2R_2 \mathrm{Re}(A\overset{*}{B}) + 2X_2 \mathrm{Im}(A\overset{*}{B})}.$$

Pentru ca puterea reactivă Q_2 să admită valori extreme este necesar şi suficient ca pentru $R_1 = R_{1Q_2}^{(12)}$ şi $X_1 = X_{1Q_2}^{(12)}$ ($R_{1Q_2}^{(12)}$ şi $X_{1Q_2}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\frac{\partial Q_2}{\partial R_1} = \frac{\partial Q_2}{\partial X_1} = 0$) să avem $\frac{\partial^2 Q_2}{\partial R_1^2} \cdot \frac{\partial^2 Q_2}{\partial X_1^2} - \left(\frac{\partial^2 Q_2}{\partial R_1 \partial X_1}\right) > 0$ şi $\frac{\partial^2 Q_2}{\partial X_1^2} \lessgtr 0$, sau pentru ca $R_2 = R_{2Q_2}^{(12)}$ şi $X_2 = X_{2Q_2}^{(12)}$ ($R_{2Q_2}^{(12)}$ şi $X_{2Q_2}^{(12)}$ fiind zerourile sistemului $\frac{\partial Q_2}{\partial R_2} = \frac{\partial Q_2}{\partial X_2} = 0$) să avem $\frac{\partial^2 Q_2}{\partial R_2^2} \cdot \frac{\partial^2 Q_2}{\partial X_2^2} - \left(\frac{\partial^2 Q_2}{\partial R_2 \partial X_2}\right)^2 > 0$ şi $\frac{\partial^2 Q_2}{\partial X_2^2} \lessgtr 0$.

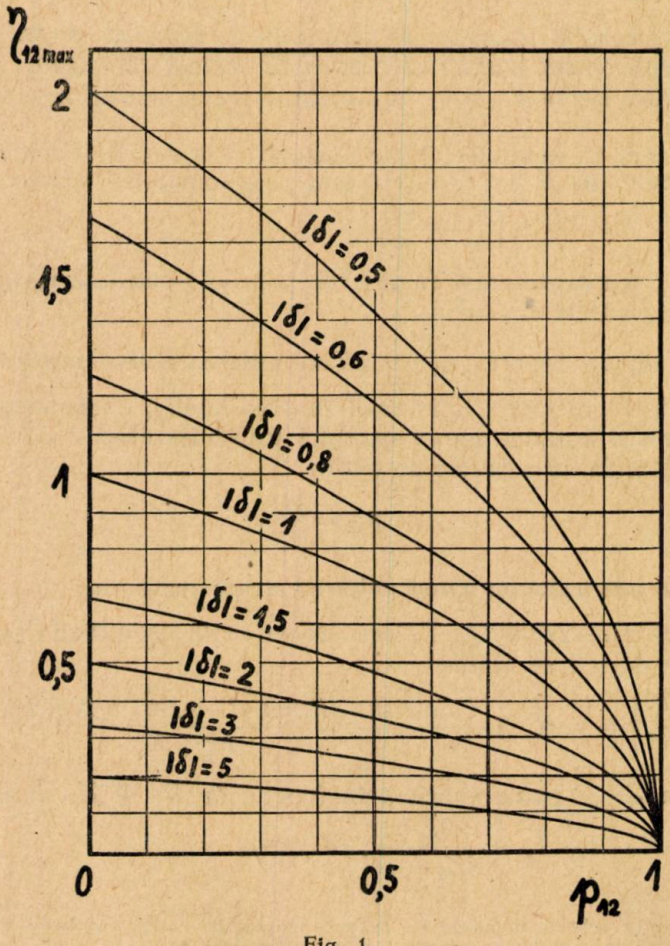


Fig. 1

Avînd în vedere că

$$(34)\quad \begin{cases} R_{1Q_2}^{(12)} = \dfrac{2\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2}; \\ X_{1Q_2}^{(12)} = \dfrac{2\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})\,\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})}{\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2} \end{cases}$$

şi

$$(35)\quad R_{2Q_2}^{(12)} = -\frac{\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}\ ;\ X_{2Q2}^{(12)} = -\frac{\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}\ ^{1)}$$

obţinem

$$(36)\quad \begin{cases} \left[\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial R_1^2}\cdot\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial X_1^2}-\left(\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial R_1\partial X_1}\right)^2\right]_{R_1=R_{1Q_2}^{(12)};\ X_1=X_{1Q_2}^{(12)}} = \\ = \dfrac{U_1^4}{|\delta|^4}\cdot\dfrac{\{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2\}^4}{64[\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})]^3}, \\ \left[\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial X_1^2}\right]_{R_1=R_{1Q_2}^{(12)};\ X_1=X_{1Q_2}^{(12)}} = \\ = -\dfrac{U_1^2}{|\delta|^2}\cdot\dfrac{\{[\mathrm{Re}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2+[\mathrm{Im}(A\overset{*}{D}+B\overset{*}{C})]^2\}^2}{8[\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})]^3}. \end{cases}$$

$$(37)\quad \begin{cases} \left[\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial R_2^2}\cdot\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial X_2^2}-\left(\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial R_2\partial X_2}\right)^2\right]_{R_2=R_{2Q_2}^{(12)};\ X_2=X_{2Q_2}^{(12)}} = \dfrac{|A|^8U_1^4}{64[\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})]^6}, \\ \left[\dfrac{\partial^2 Q_2}{\partial X_2^2}\right]_{R_2=R_{2Q_2}^{(12)};\ X_2=X_{2Q_2}^{(12)}} = -\dfrac{|A|^4U_1^2}{8[\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})]^3}. \end{cases}$$

Din (36) şi (37) se observă că puterea reactivă transmisă receptorului admite o valoare minimă pentru $\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})<0$, care corespunde la o sarcină capacitivă, în care caz cuadripolul, în mod efectiv absoarbe putere reactivă la bornele de ieşire. Referindu-ne la o *furnizare efectivă* de putere reactivă la bornele de ieşire, rămîne posibil în astfel de condiţiuni numai cazul transmisiei puterii reactive maxime ($\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})>0$). Pentru cazul similar corespunzător alimentării inverse se obţine condiţia $\mathrm{Im}(B\overset{*}{D})>0$.

---

1) Soluţia $R_2 = -\frac{\mathrm{Re}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}$; $X_2 = \frac{\mathrm{Im}(A\overset{*}{B})}{|A|^2}$ este inacceptabilă; v. nota din josul paginii 162.

Am stabilit astfel

Teorema 6. *Condiţiile necesare şi suficiente pentru ca un cuadripol nereciproc*

I. *să furnizeze la bornele de ieşire puterea reactivă maximă sînt :*

$$a)\ \mathrm{Im}\ (B\overset{*}{D}) > 0\ ;\ b)\ \mathrm{Im}(\overset{*}{A}B) > 0,$$

II. *să absoarbă la bornele de ieşire puterea reactivă maximă sînt :*

$$a)\ \mathrm{Im}(B\overset{*}{D}) < 0\ ;\ b)\ \mathrm{Im}(\overset{*}{A}B) < 0.$$

Observaţii.

1. Condiţiile $\mathrm{Im}(\overset{*}{A}B) \gtrless 0$ şi $\mathrm{Im}(B\overset{*}{D}) \gtrless 0$ sînt echivalente cu $Q_{2sc} \gtrless 0$, respectiv $Q_{1sc} \gtrless 0$.

2. Confruntînd relaţiile (16) şi (33) rezultă

$$Z^{(12)}_{2P_2} = -\,Z^{(12)}_{2Q_2}, \tag{38}$$

de unde se poate deduce că *un cuadripol nereciproc nu poate furniza simultan la bornele de ieşire puterea activă maximă şi puterea reactivă maximă.*

Catedra de Bazele Electrotehnicii

BIBLIOGRAFIE

1. Feldtkeller R. *Einführung in die Vierpoltheorie*, S. Hirzel, Leipzig, 1942.
2. Боронов Р. А. Общяя теория четырёхполюсников и многополюсников, ГЭИ, М.-Л., 1951, стр. 94-129.
3. Зелях Е. В. Основы общей теории линейных электрических схем, Изд. А. Н. СССР, 1951.
4. Vallese L. Alta frequenza, 1949, *18*, pp. 205-212.
5. Котова Л. Ф. Электричество, 1949. No. 8.
6. Denis-Papin M. et Kaufmann A. *Cours de calcul matriciel appliqué*, Paris, pp. 169-212.
7. Kaufmann A. L'Onde électrique, 1951, Nr. 295, pp. 396-405; Nr. 296, pp. 446-452.
8. Тафт В. А. Основы методики расчёта линейных электрических цепей по заданным их частотным характеристикам, Изд. А. Н. СССР., Москва, 1954.
9. Литвин-Седов М. З. (ред,) Корректирующие цепи в автоматике, И. Л., Москва, 1954, стр. 141-154.
10. Боде Г. Анализ цепи и проектирование усилителей с обратной связью, И. Л., Москва, 1949.
11. Rosman H. şi Braier A. St. şi Cerc. Şt. Acad. R. P. R., filiala Iaşi, 1952, t. III, 1-4, pp. 57-70.
12. — Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Polit. Iaşi, 1954, t.I, 1-2 pp. 141-144.
13. — Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Polit. Iaşi, 1955 t. II, 1-2, pp. 247-252.
14. Поливанов К. М. Электричество, 1949, No. 12, стр. 42-44.
15. Julia R. et Fallou J. C. R. Ac. Sc., Paris, 1936, *202*, pp. 1767-1769.
16. Raymond Fr. C. R. Ac. Sc., Paris, 1944, *218*, pp. 148-150.
17. Булгаков Б. В. Колебания, ГИТТЛ, Москва, 1954, стр. 538.

К. П. Д. ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ

Сообщение 4-ое

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ НЕВЗАИМНЫМИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКАМИ

(Краткое содержание)

В настоящей заметке авторы строят теорию энергетического режима невзаимных четырехполюсников, строгую по отношению к пассивным четырехполюсникам (типа Бодэ) и в определенной мере ограниченную по отношению к активным.

С целью сохранения общепринятого значения некоторых понятий (как к. п. д. и др.), вводится определенное ограничение в настоящее изложение, а именно, допускается, что мощность источников включенных в конструкцию активного четырехполюсника, незначительна по сравнению с мощносью передачи ; это не влияет на характер вычисления. Работа разделяется на три части.

В первой части определяются достаточные и необходимые условия, при которых невзаимный четырехполюсник передает активную энергию с экстремальным к. п. д. (максимальным или минимальным). Выделяется частный класс невзаимных четырехполюсников, удовлетворяющий с точки зрения энергетики, определенным свойствам взаимности ; для этого предлагается ввести термин квазивзаимных четырехполюсников.

Доказывается, что в случае когда к. п. д. эффективной передачи активной энергии невзаимными четырехполюсниками допускает найбольшую величину, функция $\eta = f\ (R_1, X_1,)$ может быть лишь двухполостным гиперболоидом, и наоборот.

Во второй части заметки определяются достаточные и необходимые условия для осуществления передачи активной найбольшей мощность невзаимным четырехполюсником. Определяется к. п. д. эффективной передачи найбольшей мощности, а также и активная мощность передачи при найбольшем к. п. д.

Заключается, что передача активной найбольшей мощности при найбольшем к. п. д. возможна только в случае невзаимных четырехполюсников имеющих особую характеристическую матрицу.

В последней части этой заметки даются достаточные и необходимые условия, при которых невзаимный четырехполюсник подает или принимает максимальную реактивную мощность.

LE RENDEMENT DE LA TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PAR DES QUADRIPÔLES

Note IV

La transmision de l'énergie par des quadripôles nonréciproques

(R é s u m é)

Dans cette Note, les Auteurs construissent une théorie du régime énergétique des quadripôles nonréciproques, rigoureuse en ce qui concerne les quadripôles passifs (de type B o d e) et, dans une certaine mesure, restrictive en ce qui concerne les quadripôles actifs. C'est pour le

but de conserver la signification usuelle de certaines notions (rendement, etc.) qu'on introduit une restriction dans cette étude, à savoir, on admet que la puissance des sources inclues dans la structure du quadripôle est négligeable par rapport à la puissance transmise ; cette restriction n'affecte pas le formalisme des calculs.

Le travail est divisé en trois parties. Dans la première partie on détermine les conditions nécessaires et suffisantes dans lesquelles un quadripôle nonréciproque transmet effectivement l'énergie active avec un rendement extrême (maximum, où bien minimum). On met en évidence une classe particulière de quadripôles nonréciproques qui, au point de vue énergétique, satisfont à certaines propriétés de réciprocité ; on propose pour ceux-ci le terme de *quadripôles quasiréciproques*. Enfin, on démontre que si le rendement de la transmission effective de l'énergie par des quadripôles nonréciproques admet une valeur extrême, alors la fonction $\eta_{12}=f_1(R_1, X_1)$ ne peut représenter qu'un hyperboloïde à deux nappes et réciproquement.

Dans la deuxième partie de cette Note on détermine les conditions nécessaires et suffisantes pour réaliser le transfert d'une puissance active maxima par un quadripôle nonréciproque. On détermine ensuite le rendement de la transmission effective de cette puissance et puis, la puissance active transmise lorsque le rendement est maximum. On aboutit à la conclusion que la transmission de la puissance active maxima avec un rendement maximum est possible seulement dans le cas des quadripôles nonréciproques ayant la matrice caractéristique dégénérée.

Dans la dernière partie de cette Notte on détermine les conditions nécessaires et suffisantes daas lesquelles un quadripôle nonréciproque fournit, où bien consomme une puissance réactive maxima.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Vomul I, Fasc. 1—2, 1955

PROCEDEU NOU PENTRU ANALIZA ARMONICELOR INTRODUSE IN CURBA CURENTULUI DE HISTEREZA ŞI SATURAŢIA MIEZURILOR DE OŢEL

DE

GH. SAVIN, D. BĂRBULESCU, GH. ILIESCU şi V. PETRESCU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

1. *Consideraţiuni generale.*

In literatura tehnică de specialitate sînt descrise diferite procedee de analiza armonicelor ce compun o oscilaţie, indiferent de forma sa [1], [2, p. 99].

Indicăm dintre acestea numai metodele de analiza armonicelor ce folosesc atenuarea undei fundamentale:

a) Filtru trece sus, calculat pentru a atenua puternic frecvenţa fundamentală.

b) Punte în T podit, echilibrată pentru frecvenţa fundamentală.

c) Punte obişnuită, comportînd pe una sau două ramuri opuse circuite rezonante serie, acordate pe frecvenţa fundamentală.

In scopul de a face analiza armonicelor introduse în curba curentului de histereză şi saturaţia miezului de oţel, folosind procedeele arătate mai sus, ar trebui să se alimenteze bobina cu miez de oţel la o tensiune sinusoidală. Curentul nesinusoidal, rezultat, ar trebui trimis la unul din dispozitivele descrise, pentru a i se putea atenua fundamentala.

Noi am stabilit posibilitatea analizei acestor armonice folosind orice punte care măsoară inductanţele. Pentru aceasta se introduce bobina cu miez de oţel pe ramura punţii destinată în acest scop şi se alimentează puntea cu un curent perfect sinusoidal. După echilibrare cu un galvanometru de vibraţie, acordat pe frecvenţa fundamentală, se poate studia reziduul din imaginea ce se obţine pe ecranul unui oscilograf catodic. Dacă însă se foloseşte pentru alimentare tensiunea de la reţea, care nu este sinusoidală, atunci se pot întrebuinţa numai acele punţi a căror echilibru este independent de frecvenţă.

2. *Utilizarea punţilor cu echilibru independent de frecvenţă.*

Am folosit puntea Anderson (fig. 1), care nu necesită capacităţi prea mari pentru stabilirea echilibrului.

Alimentarea punţii se face de la reţeaua de 220 volţi printr-un reductor de tensiune. Tensiunea redusă trece la un transformator cu raportul de

transformare 2 : 1, al cărui secundar se leagă la diagonala AB. Pe ramura AD am introdus o bobină al cărui miez format din tole de oţel cu siliciu de grosime 0,35 mm, are următoarele caracteristici :

Secţiunea miezului	$s=5{,}7$ cm^2,
Numărul de spire	$n=380$ spire,
Rezistenţa măsurată în curent continuu	$r_{4c}=2{,}22$ ohmi.

Relaţiile de echilibru ale punţii sînt :

$$(1)\qquad r_1 r_3 = r_2 r_4 \; ; \; L = c\,[r_1 r_3 + \rho\,(r_3 + r_4)]$$

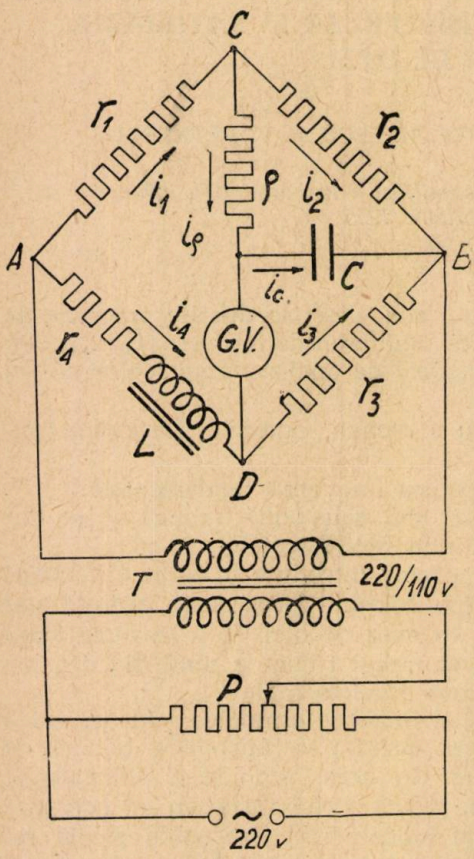


Fig. 1.

unde

L — inducţia aparentă a bobinei

r_4 - rezistenţa efectivă a bobinei [2]

$$(2)\qquad r_4 = r_{4c} + r_{4h} + r_{4f} + r_{4t}$$

r_{4c} — rezistenţa măsurată în curent continuu, r_{4h} — creşterea de rezistenţă datorită histerezei, r_{4f} — creşterea de rezistenţă datorită curenţilor Foucault, r_{4t} — creşterea de rezistenţă datorită trenajului magnetic.

Pentru a ne da seama de valoarea aproximativă a mărimilor ce caracterizează bobina cu miez de oţel, am folosit relaţiile ce rezultă din teoria lui Kapp [2, p. 10]:

$$(3)\qquad \bar{U}_{AD} = r_4 \bar{I}_4 + j\omega L \bar{I}_4 = r_{4c}\,\bar{I}_4 + j\omega n s \bar{B},$$

$$(4)\qquad \operatorname{tg}\alpha = \frac{r_4 - r_{4c}}{\omega L},$$

$$(5)\qquad B = \frac{L I_4}{n s \cos\alpha},$$

$$(6)\qquad P_f = (r_4 - r_{4c})\, I_4^2,$$

unde

B este inducţia eficace, α — unghiul de avans histeretic, P_f — pierderile în fier.

Curentul I_4 se deduce cu uşurinţă din valoarea tensiunii U_{AB}, măsurată cu un voltmetru.

$$(7)\qquad I_4 = \frac{U_{AB}}{\sqrt{(r_3 + r_4)^2 + (L\omega)^2}}.$$

Pentru diferite valori crescătoare ale curentului I_4, deci şi ale inducţiei B, am stabilit echilibrul punţii, utilizînd un galvanometru de vibraţie acordat la rezonanţă pentru frecvenţa de 50 Hz. In fiecare situaţie după

echilibru am substituit galvanometrului de vibrație, un oscilograf catodic pe ecranul căruia a apărut acum numai curba reziduului introdus de prezența oțelului. Frecvența de bază a undei reziduului fiind 150 Hz, rezultă preponderența armonicei trei.

Am copiat curbele pe celofan și apoi le-am analizat prin metoda „ordonatelor echidistante" Thomson — Runge. [4]

3. *Interpretarea rezultatelor obținute.*

Din curba de magnetizare a oțelului studiat se remarcă începutul saturației la un curent de aproximativ de 60 mA. S-au efectuat măsurători asupra mărimilor r_4, L, I_4, B_{max}, și P_f pentru curenți mai mici și mai mari decît 60 mA.

Se constată că atît r_4 cît și L prezintă un maxim pentru curentul corespunzător începutului saturației. Din acest moment L scade pînă la aproximativ $25^0|_0$ din valoarea sa maximă, în timp ce r_4 scade pînă aproximativ $10^0|_0$ din valoarea sa maximă (ultimele determinări s-au făcut pentru $B_{max} = 12.800$ gauss).

In ce privește analiza armonicelor ce compun reziduul obținut, se remarcă de la început o bună filtrare a undei fundamentale, care a putut fi redusă pînă la $1^0|_0$ din valoarea armonicei trei care predomină. S-a constatat de asemenea apariția reziduului începînd chiar cu valorile cele mai mici ale tensiunii aplicate punții, fenomen firesc datorit histerezei și variației permeabilității oțelului.

Catedra de Bazele Electrotehnicii

BIBLIOGRAFIE

1. Smirenin B. A., *Manual de Radiotehnică*, 1954, vol. I, EES, Buc., p. 763, (traducere din limba rusă).
2. Bigorgne R., *Mesures Electriques*, 1946, t. III, Léon Eyrolles, Paris.
3. Feertchak B., La stabilité magnétique des noyaux toroïdaux, R. G. E., 1945, *54*, p. 79.
4. Popescu Al., *Curs de electrotehnică* II. *Chestiuni speciale*, Partea I. Analiza armonică a funcțiilor periodice nesinusoidale, 1948, Ed. Inst. Polit., Buc., (litografiat.

НОВЫЙ СПОСОБ ДЛЯ АНАЛИЗА ГАРМОНИК ВВЕДЕННЫХ В КРИВУЮ ТОКА ГИСТЕРЕЗИСОМ И НАСЫЩЕННОСТЬЮ СТАЛЬНЫХ СЕРДЕЧНИКОВ

(Краткое содержание)

Устанавливается возможность анализа гармоник тока гистерезисом и насыщенностью стальных сердечников, пользуясь уравновешенным мостиком, независимо от частоты (Максвели, Андерсон).

После фильтрирования, приведя мостик в равновесие, величина главной волны тока будет приблизительно $1^0|_0$ амплитуды третьей гармоники.

NOUVEAU PROCÉDÉ D'ANALYSE DES HARMONIQUES INTRODUITES DANS LA COURBE DU COURANT PAR L'HYSTÉRÉSIS ET PAR LA SATURATION DES NOYAUX D'ACIER

(R é s u m é)

Les Auteurs établissent la posibilité de l'analyse des harmoniques introduites dans la courbe du courant par l'hystérésis et par la saturation des noyaux d'acier, en utilisant des ponts à équilibre indépendant de fréquence (Maxwell, Anderson). Après la filtration, en équilibrant le pont, on obtient pour l'amplitude de l'onde fondamentale une valeur de cca. $1^0|_0$ de l'amplitude de la troisième harmonique.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1–2, 1955

CONTRIBUŢII LA LĂRGIREA DOMENIULUI DE MĂSURĂ LA CAPACIMETRI SIMPLI, CE FOLOSESC OSCILAŢII DE RELAXARE

DE

V. PETRESCU, EMIL LUCA şi GH. SAVIN

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12–13 februarie 1955

I. Consideraţii generale.

Pentru a putea măsura cu dispozitive experimentale simple capacităţi variind ca mărime de la 1 μF pînă la 1 pF, am recurs la oscilaţiile de „relaxare" produse, fie cu ajutorul lămpilor cu neon [1], fie cu lămpi tiratron [1, pp. 123 şi 145], [2], [3], [4], [5].

In această privinţă literatura indică existenţa unui capacimetru fonic „cu lectură directă" [6], care utilizează oscilaţiile de relaxare ale unei lămpi cu neon, ce se ascultă direct, într-un telefon. Aparatul a fost construit de Casa Chauvin şi Arnoux din Paris, permiţînd a se măsura capacităţi în domeniul de la 0,05 mμF la 10 mμF, deci capacităţi relativ mici. Principiul acestui aparat este de a înlocui capacităţile necunoscute ce se introduc în circuitul oscilant cu capacităţi variabile cunoscute de o aceeaşi valoare. In fapt un comutator introduce mai întîi în circuitul oscilant capacitatea necunoscută, cînd se obţine în telefon sunetul unei note muzicale corespunzătoare, apoi se scoate aceasta şi se introduce capacitatea etalon variabilă, ce se modifică pînă la obţinerea aceleeaşi note muzicale. Se indică a se lucra între 800–1000 Hz, acesta fiind un domeniu de maxim de sensibilitate, eroarea fiind de 0,5%.

II. Principiul metodei utilizate în măsurare.

Cînd se produc oscilaţii de relaxare, în ambele situaţii — lampă cu neon sau tiratron —, prin variaţia elementelor circuitului : capacitate, rezistenţă şi eventual tensiune de alimentare, se poate schimba frecvenţa oscilaţiilor de la cîteva zeci de Hz la zeci de mii de Hz. Este fundamental faptul, că realizarea dispozitivului experimental este simplă, căci montarea unei lămpi cu neon sau a unui tiratron se face de asemenea simplu. Prin introducerea unui transformator de eşire, cu primarul în circuitul în care se produc oscilaţiile, acestea, prin intermediul secundarului transformatorului sînt conduse în genere către un amplificator şi apoi către un difuzor. Se reglează frecvenţa oscilaţiilor prin varierea elementelor circuitului, pînă ce, faţă de

diapazoane de frecvenţă diferite, se obţin mai întîi bătăi şi apoi unison în aer (dispariţia bătăilor) ; astfel se poate lucra la frecvenţe diferite.

Noi am utilizat iniţial ca reper pentru aceste frecvenţe diapazoane, dar în scopul de a avea variaţii mai continui de frecvenţă, am utilizat şi generatori de ton, unul de tip Siemens, 200–6000 Hz, şi un al doilea de tip Orion ce dă o frecvenţă dela 20 Hz — 20 kHz. Odată unisonul obţinut pentru o frecvenţă dată, se introduce capacitatea necunoscută în paralel cu capacitatea etalon variabilă, cu ajutorul întrerupătorului *I*. Unisonul se strică şi se procedează la refacerea lui prin micşorarea continuă (scoaterea) a valorii capacităţilor etalon variabile. Variaţia ΔC este valoarea capacităţii necunoscute. Deci se utilizează o metodă de compensaţie, iar ca reperare, metoda bătăilor, (fig. 1 şi fig. 2, dispozitivul experimental A).

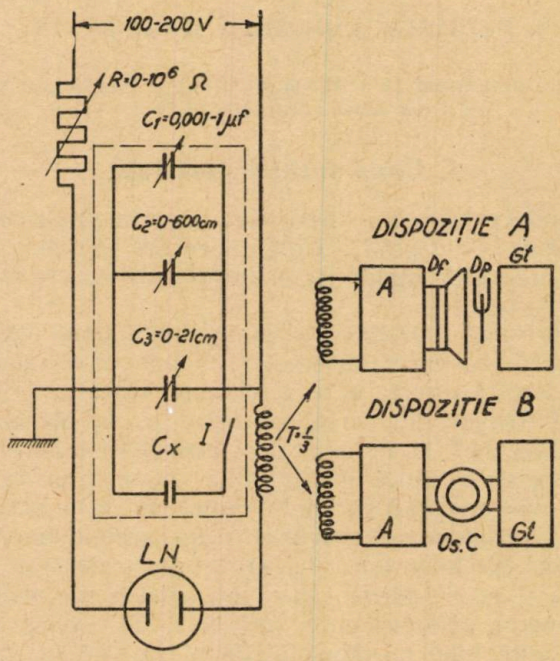


Fig. 1.

C = capacitate variabilă ; *R* = rezistenţă variabilă. *T* = transformator de eşire, raport 1|3 ; *A* = amplificator ; *Df* = difuzor ; *Dp* = diapazon ; *Gt* = generator de ton ; *Os.C* = oscilograf catodic ; *LN* = lampă cu neon ; *I* = întrerupător, ce permite introducerea şi scoaterea capacităţilor *Cx*.

Capacităţile etalon variabile sînt : a) o capacitate C_1 în trepte de 1 μF (mica) (0,5 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,1 ; 0,05 ; 0,01 ; 0,005 ; 0,002 ; 0,002 ; 0,001) μF, b) o capacitate variabilă rotativă cu aer C_2 de 600 cm şi c) o capacitate cilindrică variabilă C_3 de capacitate de 21 cm [7].

In scopul de a verifica rezultatele obţinute prin metoda precedentă şi eventual a creşte sensibilitatea în măsură, în locul dispozitivului A, în cele două condiţii de lucru (lampă cu neon şi tiratron), am introdus un oscilo-

graf catodic *Os.C*, acționat la o pereche de plăci de oscilațiile de relaxare, iar la cealaltă pereche de către oscilațiile unui generator de ton *Gt*. Condiția de zero se obținea cu ajutorul figurilor lui Lissajou. [4], [5]. S-a putut lucra și cu undă purtătoare, modulată de bătăi (fig. 1 și fig. 2, dispoziția experimentală B.)

III. Dispozitivul experimental și rezultatele măsurătorilor

1. OSCILAȚIILE DE LA LAMPA CU NEON

Dispozitivul experimental A, utilizînd lampa cu neon este redat în fig. 1.

Intreg blocul de capacități a fost blindat și apoi întreg sistemul a fost pus la pămînt. Acțiunea capacităților cu variație fină, C_2 și C_3, a căror utilizare se făcea simțită în special la capacități mici, se realiza de la distanță. De asemenea au fost puse la pămînt amplificatorul, oscilograful catodic și generatorul de ton.

Tensiunea de alimentare E variază după felul lămpii cu neon întrebuințate. Cele mai indicate lămpi, din punct de vedere al stabilității, sînt cele cu electrozi compacți din foițe metalice, apoi urmează cele cu electrozi în spirală și cele mai puțin stabile sînt cele cu sită, (pînză cu ochiuri). S-ar putea ca construirea unor lămpi cu electrozi în formă de vîrf să dea mai bune rezultate în ceeace ne interesează pe noi. Rezistența R se variază după condițiile experimentale, lampa putînd decroșa prin scăderea prea mare a rezistenței R. Valoarea de decroșaj, este funcție și de valoarea capacității și a tensiunii, micșorarea capacității ducînd pentru valori prea mici, la aceeași situație, chiar cînd R este mare.

In dispozitivul experimental de mai sus, în cazul dispozitivului simplu A, s-ar putea trece de la secundarul transformatorului direct la difuzor, fără amplificator. Ar trebui pentru aceasta un transformator cu raport de ridicare mai mare și de asemenea lămpi de putere mai mare, altfel sunetul produs de oscilații se aude greu.

Practic, se poate lucra sau cu dispozitivul simplu A, sau cu dispozitivul mai complicat B.

Dispozitivul A. Se reglează dispozitivul la unison cu o frecvență dată (diapazon sau generator de ton) utilizînd bătăile în aer. Se introduce capacitatea C_x cu ajutorul întrerupătorului *I*. Se scade capacitatea variabilă pînă la refacerea unisonului. Pentru diferite frecvențe date, se pot stabili valori limită superioară și valori limită inferioară între care măsurarea se poate efectua.

Tabloul I conține unele rezultate determinate de condițiile experimentale arătate.

Cu cît valoarea măsurată este mai mică, eroarea în măsură crește.

Din datele experimentale rezultă că în modul de lucru arătat s-a lărgit domeniul de măsură față de cel posibil cu capacimetrul fonic [3], iar prin utilizarea metodei de compensare, eroarea introdusă prin eventualele capacități parazite ale întregului sistem este foarte mult micșorată. O atenție deosebită se cere în cazul măsurării capacităților mici, pentru a nu se introduce erori de capacități parazite.

Dispozitivul B. Se realizează prin utilizarea ambelor perechi de plăci

ale unui oscilograf catodic, o pereche fiind alimentată prin amplificator de la circuitul oscilant, iar cealaltă de la generatorul de unde sonore (fig. 1). Se obţin figurile Lissajou (acestea au ceva specific din cauza

Tabloul 1

Frecvenţa Hz	Valoarea maximă posibilă de măsurat pF	Sensibilitatea la valoarea maximă pF	Eroarea % la valoarea maximă	Valoarea minimă posibilă de măsurat pF
435	25.10^3	100	0,4	20
1000	8.10^3	20	0,25	10
2000	4.10^3	10	0,25	10
3000	1.10^3	8	0,8	8

naturii oscilaţiilor), putîndu-se face măsuri pînă la o frecvenţă plafon de aproximativ 3000 Hz. Peste aceasta, dispozitivul devine prea sensibil şi măsurătorile devin dificile. Rezultatele sînt de ordinul celor indicate în tabloul 1.

Dacă se utilizează aceeaşi pereche de plăci de la oscilograful catodic pentru ambele feluri de unde şi cu ajutorul unei unde purtătoare emise în cazul nostru, parazit de către amplificator, în aceste condiţii băile modulează unda purtătoare şi se pot aprecia capacităţi chiar pînă la 2–3 pF

2. UTILIZAREA TIRATRONULUI

Neposedînd un tiratron nemontat, am utilizat direct circuitul de baleiaj de la un oscilograf „Philips".

Dispozitivul A. Schema totală de principiu a dispozitivului experimental utilizat de noi, (fig. 2), ca şi procedeul de măsurare sînt aproape analoage cu cele de la lampa cu neon. Practic, am deconectat capacitatea din circuitul oscilografului Philips şi am introdus în locul ei capacităţile variabile etalon. Schema de funcţionare a tiratronului este clasică.

Frecvenţa de oscilaţie este dată de valorile R şi C. Se poate trece de la cîteva sute de Hz pînă peste 12 kHz.

Dispozitivul A, cu diapazoane sau generator de ton, dă date ca cele indicate în tabloul 2.

Dispozitivul experimental este simplu, iar rezultatele se pot întinde pe un domeniu de la 1 pF la 0,1 μF.

Dispozitivul B. Utilizarea figurilor Lissajou cu raportul frecvenţelor 1 — frecvenţa de bază 300 Hz — permite a se măsura maxim 0,5μF. cu o eroare de 0,4%, iar cînd raportul frecvenţelor este 1|2 permite a se măsura chiar 1 μF cu eroare de 0,7%. La o frecvenţă de 2800–3000 Hz se poate măsura maxim 5.10^3 pF cu eroare de 0,2% şi se pot aprecia bine 5 pF.

Totuşi la frecvenţe mai mari, sistemul de măsură devine greoi din cauza sensibilităţii mai mari, ce se lasă astfel influenţată de eventualele instabilităţi în oscilaţii.

Utilizarea tiratronului are avantajul că elimină utilizarea unui amplificator, schema de montare ca și realizarea simplificîndu-se astfel mult.

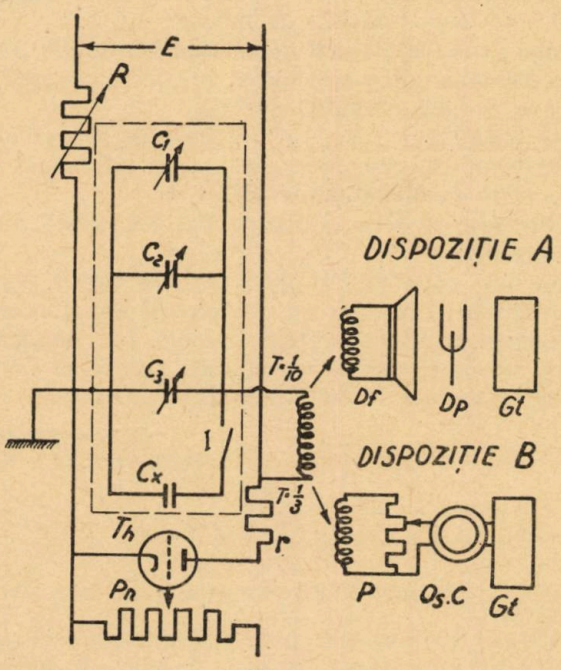


Fig. 2.
Th = tiratron ; *P* = potențiometru ; *Pn* = potențiometru de negativare.

Tabloul 2

Frecvența Hz	Valoarea maximă posibilă de măsurat pF	Sensibilitatea la valoarea maximă pF	Eroarea % la valoarea maximă	Valoarea minimă posibilă de măsurat pF
300	1.10^5	200	0,2	120 – 150
435	8.10^4	150	0,2	80 — 100
1000	3.10^4	50	0,2	50
3500	5.10^3	10	0,1	10
12000	1.10^3	1	0,1	1

IV. Concluzii

1. Se pot realiza dispozitive simple, care utilizînd oscilațiile de relaxare produse de o lampă cu neon sau de un tiratron, permit măsuri de capacități pe un domeniu de la 1 μF — 1 pF. Se utilizează în măsurare o metodă de compensare, ceeace evită influența capacităților parazite, iar ca metodă de zero se utilizează o metodă de bătăi. Se cere pe lîngă circuitul

de oscilaţie, un transformator ridicător, eventual un amplificator, un difuzor şi diapazoane de frecvenţă deosebite sau un generator de ton.

2. Măsura cu tiratronul, pe lingă că este mult mai simplă (fără amplificator), dă cel mai larg domeniu de măsură 0,1 μF — 1 pF.

3. Limita superioară a valorii capacităţilor posibile a fi măsurate, ca şi cea inferioară, coboară către capacităţi din ce în ce mai mici, cînd frecvenţa creşte, fără a urmări o regulă precisă.

4. Utilizarea bătăilor în osciloscraful catodic, în cazul lămpii cu neon poate duce la măsurări de capacităţi de 3-4 pF ; în jurul lui 3000 Hz se observă totuşi o stare de instabilitate.

Aceeaşi observaţie se face şi pentru tiratron peste 3000 Hz, măsurările fiind mult îngreuiate.

5. Pentru măsura capacităţilor mici, în toate aceste condiţii de măsură, s-au admis capacităţi perfecte sau cu coeficienţi de pierderi mici.

In genere însă în cazul capacităţilor mari, cu pierderi, frecvenţa în măsură este mică, iar la frecvenţe mari, unde pierderea devine mare, capacităţile sînt cu lamă de aer (n-au pierderi).

Institutul Politehnic
Catedra de Bazele Electrotehnicii

BIBLIOGRAFIE

1. Nicolau Edmond. *Măsuri în înaltă frecvenţă*, 1953, Ed. Inst. Politehnic Buc. (litografiat).
2. Delaby H. *Principes fondamentaux de télévision*, Eyrolles, Paris, 1948.
3. Decaux B. et Le Corbeiller Ph. R. G. E., 1931, *30*, p. 951.
4. Jerebţov I. P. *Radiotehnică*, Ed. tehnică, Buc., 1951, p. 476, (trad. din l. rusă).
5. Bigorgne R. *Mesures électriques*, T. III, Paris, Eyrolles 1946, p. 98.
6. Durepaire Michel R. G. E., 1933, *34*, p. 39.
7. Procopiu St. et Petrescu V. Ann. Sc. Univ. Jassy, 1938, *24*, p. 3.

ВКЛАД К РАСШИРЕНИЮ ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЙ У ПРОСТЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ЕМКОСТИ, ПОЛЬЗУЯСЬ РЕЛАКСАЦИОННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

(Краткое содержание)

Для измерения емкостей употребляют классические методы, а именно : для засечения направления, метод ударов, а в измерении, компенсирующий метод. В создании ударов употребляются колебания которые даны неоновой лампой, или тиратроном. Для ударов употребляется интерференция этих колебаний в воздухе с колебаниями созданными диапазоном или с колебаниями генератора порождающего тон, на катодном осциллографе (фигуры Лиссажу). Установки, очень простые, (трансформатор, усилитель-диффузор, или даже трансформатор-диффузор и диапазон или генератор порождающий тон) позволяют измерения емкостей в промежутке $1\,\mu F - 1\,pF$.

Таким образом при помощи простых опытных установок, область измерений значительно увеличена. Для маленьких емкостей частота колебаний должна быть увеличена, верхний предел а также и нижний, снижаясь к меньшим значениям, когда частота колебаний растёт.

CONTRIBUTIONS A L'ÉLARGISSEMENT DU DOMAINE DE MESURE AUX CAPACIMÈTRES SIMPLES, UTILISANT DES OSCILLATIONS DE RELAXATION

(R é s u m é)

Dans le présent article, concernant des mesures des capacités, on utilise la méthode classique des battements pour le répérage et celle de compensation pour la mesure.

Pour obtenir les battements on utilise les oscillations de relaxation produites par un tube à néon ou par un thyratron. On fait interférer dans l'air les oscillations obtenues avec celles d'un diapason, ou avec celles d'un générateur de ton et on utilise dans ce cas un oscillographe cathodique (les figures de Lissajou).

Les montages sont extrêmement simples permettant la mesure de capacité dans un large intervalle : 1 μF – 1 pF.

Les limites inférieures et supérieures entre lesquelles lesoscillations se produisent, descendent vers des valeurs plus petites quand la fréquence des oscillations s'accroit.

Pour la mesure des petites capacités il faut donc utiliser des fréquences plus élevées.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

O METODĂ NOUĂ PENTRU MĂSURAREA CURENŢILOR DE ORDINUL 10^{-15} A CU LĂMPI ELECTRONICE MONTATE CA ELECTROMETRU

DE

C. ONU şi MARCEL IŢICOVICI

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Intr-o lucrare anterioară [1] am arătat că unele lămpi electronice de uz curent cum ar fi CL1, NF2 şi în special pentoda ghindă RL2, 4 P3 se pretează a fi utilizate în montaje electrometrice pentru măsuri de curenţi de ordinul $10^{-13} — 10^{-14}$ A.

In montajul utilizat de noi în lucrarea mai sus amintită se utiliza o rezistenţă de intrare de $10^{11}\ \Omega$ şi erau date o serie de măsuri şi precauţii de luat în vederea stabilizării montajului la fluctuaţiile accidentale ale surselor de alimentare.

Am arătat de asemenea în lucrarea menţionată importante realizări de astfel de montaje în tehnica actuală şi în special în detectarea de radioactivităţi slabe. Pentru a măsura curenţi şi mai mici am încercat diverse soluţii dintre care una din cele care ne-au dat rezultate bune este comunicată în lucrarea de faţă.

Să analizăm factorii de care depinde curentul minim măsurabil într-un montaj cu lampă electronică.

Posibilitatea de a măsura curenţi mici într-un asemenea montaj e limitată de două categorii de cauze care produc fluctuaţii ale spotului galvanometrului (sau ale sistemului indicator) şi anume:

1. *Fluctuaţii relativ rapide* ale sistemului indicator care se produc haotic, cu amplitudini diverse în ambele sensuri faţă de punctul de referinţă. Aceste fluctuaţii împiedică efectuarea măsurilor.

2. *Fluctuaţii lente* ale sistemului indicator care se manifestă printr-o deplasare lentă, mereu în acelaşi sens. Această deplasare lentă care se produce în acelaşi sens nu împiedică măsurarea, căci eroarea produsă de la o determinare la alta se poate scădea ţinînd seama de viteza de deplasare a poziţiei de zero şi compensînd-o în mod adecvat.

Prima categorie de fluctuaţii se datoresc :

a. efectului termic (agitaţia termică a electronilor în rezistenţe);

b. efectului de „alice" al curentului de grilă I_g prin rezistenţa de intrare a montajului;

c. efectului de „alice" al curentului catodic;

d. efectului de „strălucire" sau „scintilare", datorit modificării accidentale a structurii superficiale a catodei;

e. perturbaţiilor curentului anodic al lămpii datorită ionilor şi electronilor secundari în lampă, precum şi scurgerilor între electrozii lămpii pe suprafaţa externă şi internă a sticlei.

Ultimile două cauze nu pot fi evaluate cantitativ însă s-a constatat că descresc simţitor prin curăţirea sticlei lămpii, prin aplicarea inelelor de gardă, temperatură scoborîtă de lucru a catodei şi tensiuni de lucru reduse aplicate electrozilor. Trebuie amintit că montajul se presupune că este în afara zonelor de influenţă ale cîmpurilor electromagnetice produse de exemplu de către conductele de forţă din pereţi.

Aceste cîmpuri parazite îngreuiază mult măsurile de curent foarte mici. Din această cauză chiar sistemul de luminare al galvanometrului nu trebuie alimentat de la reţeaua industrială ci de la un acumulator sau pilă aflată în apropiere. Montajul trebuie făcut cît mai compact şi lampa electronică blindată şi asigurată contra efectului microfonic printr-o suspensie elastică.

A doua categorie de fluctuaţii se datoresc :

a. descărcării lente a surselor de alimentare;

b. variaţiei lente a diferenţei potenţialelor de contact dintre catodă şi grila de comandă;

c. modificării de echilibru termic datorită variaţiilor de temperatură ale montajului şi mediului ambiant sau ale catodei.

Fluctuaţiile din a doua categorie se vor manifesta printr-o deplasare lentă într-un anumit sens al spotului care de fiecare dată poate fi corijată la începutul determinării prin aducerea la zero. Menţionăm că atunci cînd alimentarea montajului se face de la surse de tensiune de capacitate suficient de mare deplasarea lentă a poziţiei de zero este de 4-5 diviziuni pe oră, care este neglijabilă (ceea ce corespunde la 0,5 mV/oră). Urmează deci să studiem prima categorie de fluctuaţii şi să găsim mijloace de micşorare pentru a ajunge la expresia matematică a curentului minim măsurabil. În acest scop să analizăm fiecare cauză de fluctuaţie rapidă.

a. *Efectul termic.*

După cum a arătat Einstein, din cauza agitaţiei termice a electronilor într-un conductor, la capetele sale apare o forţă electromotoare a cărei valoare statistică într-un timp lung este zero, însă a cărei valoare instantanee e diferită de zero, deşi la bornele conductorului nu avem nici o diferenţă de potenţial aplicată din afară. Ulterior Nyquist a calculat această f.e.m. a agitaţiei termice la bornele unei impedanţe Z ca fiind dată de expresia

$$(1) \qquad U_T^2 = 4KT \int_{f_1}^{f_2} \mathrm{Re}|Z|\,df$$

în care : K_1 e constanta lui Boltzmann $1{,}37.10^{-23}$J/°K ; $f_2 - f_1$ e banda de frecvenţă ce trece prin amplificatorul la care e conectată impedanţa Z ; $\mathrm{Re}(Z)$ - partea reală a lui Z ; T - temperatura mediului ambiant în grade absolute $\simeq 300$°K.

In cazul amplificatorului de curent continuu avem o rezistenţă R, formată din rezistenţa exterioară R_e pusă în paralel cu rezistenţa de scăpări R_s grilă-catodă, deci :

(2) $$R = \frac{R_e \cdot R_s}{R_e + R_s}.$$

De asemenea avem o capacitate de intrare C formată din C_{gk} pus în paralel cu capacitatea montajului (capacitatea parazită a sîrmelor de legătură și a eventualei camere de ionizare — în cazul măsurilor de radioactivitate) Deci

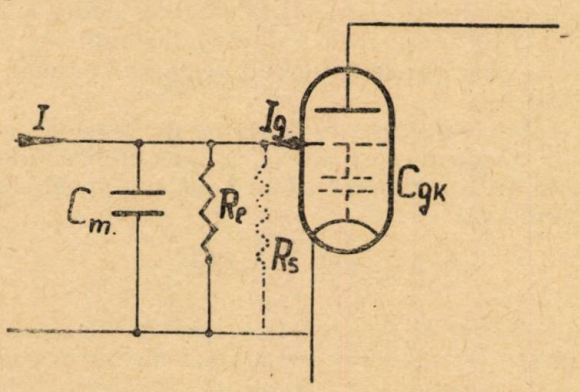


Fig. 1

(3) $$C = C_m + C_{gk}.$$

Deci impedanța de intrare Z va fi formată din rezistența de intrare R pusă în paralel cu capacitatea de intrare C. In acest caz

$$Z = \frac{R\frac{1}{jC\omega}}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{R(1 - jRC\omega)}{1 + R^2C^2\omega^2},$$

deci

(4) $$\mathrm{Re}(Z) = \frac{R}{1 + R^2C^2\omega^2} = \frac{R}{1 + 4\pi^2f^2R^2C^2}.$$

Introducînd pe (4) în (1) avem

(5) $$U_T^2 = 4KT\int_{f_1}^{f_2} \frac{R}{1 + 4\pi^2f^2C^2R^2}\,df$$

și efectuînd integrarea obținem

(6) $$U_t^2 = \frac{4KT}{2\pi C}(\mathrm{arc\ tg}\, 2\pi f_2RC - \mathrm{arc\ tg}\, 2\pi f_1RC).$$

In cazul amplificatorului de curent continuu putem lua f_1, frecvența limitată inferioară, în jurul lui zero Hz iar f_2, frecvența limita superioară în jurul lui zece Hz. Deci arc tg $f_1RC \cong 0$, iar arc tg $f_2RC \cong \pi/2$ fiindcă $\tau = RC$ este constanta de timp a circuitului de intrare care este de ordinul secundelor. Deci final

$$U_t^2 = \frac{KT}{C} \tag{7}$$

b) *Efectul de „alice" al curentului de grilă I_g ce trece prin rezistenţa de grilă R.*

Curentul de grilă al lămpii utilizate ca lampă electrometru se închide în rezistenţa de intrare R. Cauzele opoziţiei curentului I_g sînt cunoscute şi au fost analizate şi în [1]. Valoarea medie a acestui curent este constantă în timp lung, însă valoarea instantanee se abate de la valoarea medie în plus sau în minus din cauza naturii „granulare" a curentului electric.

Pentru a stabili valoarea fluctuaţiilor de tensiune care se nasc la bornele lui R din cauza trecerii lui I_g, putem utiliza formula dată de Schottky [9] în 1918 raţionînd asupra curentului catodic într-o lampă. In acest mod căpătăm:

$$U_{ag}^2 \; 2eI_g \int_{f_1}^{f_2} |Z|^2 df, \tag{8}$$

în care: e — sarcina electronului (egală cu $1{,}6 \cdot 10^{-20}$ u.e.s.cgs); I_g-valoarea curentului de grilă; $|Z|$ modulul impedanţei de intrare prin care circulă curentul I_g; $f_2 - f_1$ e banda de frecvenţe ce trece prin amplificator. De oarece Z e format din R în paralel cu C avem:

$$Z = \frac{R\frac{1}{jC\omega}}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{R(1 - jRC\omega)}{1 + R^2C^2\omega^2} = \frac{1}{1 + R^2C^2\omega^2}(R - jR^2C\omega)$$

iar

$$|Z| = \frac{1}{1 + R^2C^2\omega^2}\sqrt{R^2 + R^4C^2\omega^2} = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2C^2\omega^2}}. \tag{9}$$

Introducînd valoarea lui Z în expresia (8) avem:

$$U_{ag}^2 = 2eIgR^2 \int_{f_1}^{f_2} \frac{1}{1 + R^2C^2\omega^2}\, df. \tag{10}$$

Integrînd expresia (10) avem:

$$U_{ag}^2 = \frac{2eI_gR}{2\pi C}(\operatorname{arc\,tg} 2\pi RCf_2 - \operatorname{arc\,tg} 2\pi RCf_1);$$

dacă amplificatorul are $f_1 = 0$ şi $f_2 = 10$ HZ atunci

$$U_{ag}^2 = \frac{2eI_gR}{2\pi C}\,\pi/2 = \frac{eI_gR}{2C} \tag{11}$$

c) *Efectul de „alice" al curentului catodic*

După cum a arătat Schottky, curentul anodic nu e o mărime constantă, ci pulsează în jurul valorii medii, după o lege statistică. Valoarea

curentului pulsator suprapus peste curentul anodic mediu I_a, este în regim apropiat de saturație.

(12) $$I'_{ac} = 2eI_a \, \Delta f.$$

în care: e — sarcina electronului; I_c — curentul de saturație catodic; Δf — banda de frecvență transmisă.

Dacă sîntem departe de saturația curentului anodic trebuie introdus un factor de corecție F care arată influiența micșorării zgomotului din lampă datorat acțiunii de frînare a sarcinii spațiale, calculabil cu formula

(12) $$F^2 = 1{,}25 \frac{KT_c}{e} \frac{S_0}{I_a}$$

în care: K — constanta lui Boltzmann; T_c — temperatura catodei °K; S_0 — panta medie a diodei echivalente; I_a — curentul anodic; e — sarcina electronului.

După măsurători făcute de diverși autori, la lămpi, $F^2 \leq 0{,}25$. Se mai introduce în formula (12) și un factor q ce ține seama de mărirea fluctuațiilor din cauza reflexiei elastice dezordonate a unor electroni pe suprafața anodei, lucru ce se întîmplă în special cînd tensiunea anodică e mică. Acest factor q este de 1 — 2. Deci formula (12) devine

(13) $$I^2_{ac} = 2eI_a \, \Delta f \, q^2 \, F^2.$$

Vedem deci că fluctuațiile de „alice" ale curentului catodei nu depind de felul impedanței de intrare.

In calcul este comod a se considera o rezistență de zgomot echivalentă R_{sg}, care introdusă în circuitul de grilă ar crea aceeași tensiune de fluctuație în circuitul anodic ca și curentul de „alice" al catodei. Am văzut că o rezistență chimică R_c produce un zgomot care după formula (1) este

(1') $$U^2_{TC} = 4KT \int_{f_1}^{f_2} R_c \, df$$

în care K — constanta lui Boltzmann; T — temperatura absolută a mediului ambiant (300°K); R_c — valoarea rezistenței în Ω; Δf — banda de frecvență ce trece prin amplificator.

Tensiunea alternativă U_{tc} aplicată pe grilă ce ar produce aceeași fluctuație în sarcina anodică ca și cea dată de fluctuația curentului anodic I_{ac} trebuie să satisfacă relația cunocută din tuburi electronice:

(14) $$S. \, U_{tc} = I_{ac}$$

în care S — panta dinamică în punctul de funcționare; U_{tc} — tensiunea termică echivalentă din circuitul grilei; I_{ac} — curentul de fluctuație al efectului de „alice".

Deci $U_{tc} = \frac{I_{ac}}{S}$, sau comparînd formulele (1) și (13) avem

$$4KTR_c\Delta f = \frac{2eI_a\Delta f F^2 q^2}{S^2},$$

de unde

$$R_c = \frac{eI_a}{2KT}\,\frac{F^2 q^2}{S^2}. \tag{14}$$

Dacă luăm S în mA/V pe I_a în mA, pe $T = 300°K$ (temperatura mediului ambiant) şi introducînd valorile cunoscute ale lui e, K şi T în (14) avem

$$R_c = 2.10^4\,\frac{I_a q^2 F^2}{S^2}. \tag{15}$$

In cazul lămpilor utilizate ca electrometru $I_a \approx 20\mu A = 0{,}02$ mA; $F^2 \approx 0{,}1$; $q^2 \approx 4$; $S \approx S_{static}$ (de oarece rezistenţa anodică e mult mai mică decît cea interioară). Luînd $S = 10\mu A/V = 0{,}01$ mA/V, căpătăm $R_c = 160000\,\Omega$.

Deci tensiunea de zgomot a catodei va fi

$$U^2_{TC} = 4KTR_c\,\Delta f, \tag{16}$$

în care R_c e rezistenţa de zgomot echivalentă, care introdusă în circuitul de intrare al grilei de comandă dă naştere în circuitul anodic la acelaşi zgomot ca şi efectul de „alice" al curentului catodic; T — temperatura absolută a mediului ambiant în °K iar Δf — banda de frecvenţe ce trece prin amplificator.

Fluctuaţia totală de tensiune a tuturor surselor de zgomot se obţine făcînd media patratică

$$U_{Total} = \sqrt{U^2_T + U^2_{ag} + U^2_{TC}}, \tag{18}$$

în care în felul acesta, am obţinut fluctuaţia totală de tensiune calculabilă din circuitul grilei de comandă. Evident că fluctuaţia totală reală din circuitul grilei este mai mare, căci nu s-a ţinut seama şi de fluctuaţiile de la punctele d şi e care fiind accidentale nu pot fi evaluate cantitativ. Inlocuind în (17) valorile date de relaţiile (1), (11) şi (16) căpătăm:

$$U_{Total} = \sqrt{\frac{KT}{C} + \frac{eI_g R}{2C} + 4KTR_c\,\Delta f} \tag{18}$$

De oarece am văzut că R_c este de ordinul 160000 Ω şi $\Delta f = f_2 - f_1 = 10 - 0 = 10$ Hz, se vede că termenul $\frac{KT}{C}$ e mult mai mare decît termenul $4\,KTR_c\,\Delta f$ fiindcă primul conţine la numitor pe C care este de ordinul 10^{-11} farazi. Aceasta revine la a spune că efectul de „alice" al catodei e neglijabil faţă de celelalte zgomote. Deci formula (18) devine

$$U'_{Total} = \sqrt{\frac{KT}{C} + \frac{eI_g R}{2C}}. \tag{19}$$

Curentul minim măsurabil cu lămpi electronice.

Curentul de măsurat I trecînd prin rezistenţa de intrare R creează o diferenţă de potenţial la bornele ei egală cu

(20) $$U = I\,R\,.$$

Dar la bornele aceleiași rezistențe de intrare R avem o tensiune perturbatoare U_{Total} dată de expresia (19). Pentru a executa măsura în bune condițiuni trebuie ca tensiunea U care e tensiunea utilă să fie mult mai mare decît tensiunea de zgomot perturbatoare U'_{Total}.

Să facem raportul celor două tensiuni

(21) $$\frac{U}{U'_{Total}} = \frac{IR}{\sqrt{\frac{KT}{C} + \frac{eI_gR}{2C}}} = \frac{I}{\sqrt{\frac{KT}{CR^2} + \frac{eI_g}{2RC}}}.$$

Admitem că pentru efectuarea unei măsuri precise este suficient ca $\frac{U}{U'_{Total}} = 100$ adică o eroare de $1^0/_0$. In acest caz din (21) avem

$$\frac{I}{\sqrt{\frac{KT}{CR_2} + \frac{eI_g}{2RC}}} = 100\,.$$

De aci scoatem expresia curentului minim măsurabil

(22) $$I = 100\sqrt{\frac{KT}{CR^2} + \frac{eI_g}{2CR}} = 100\sqrt{\frac{KT}{\tau R} + \frac{eI_g}{2\tau}},$$

în care $\tau = RC$.

Evident că alți curenți mai mari ca I vor da tensiuni U mai mari și vor fi măsurați mai precis iar curenții mai mici ca I nu vor putea fi măsurați în bune condițiuni de stabilitate. Să luăm $C = 10$ cm $= 10^{-11}$ farazi, $R = 10^{13}\ \Omega$, $I_g = 10^{-14}$ A, T — temperatura mediului ambiant egală cu 300°K.

Inlocuind în formula (22), rezultă că $I_{min} = 3{,}5 \cdot 10^{-16}$ A.

Dacă ne mulțumim numai cu un raport între tensiunea utilă U și cea parazită U'_{Total} egal numai cu 10 (precizie teoretică a măsurii de numai $10^0/_0$) rezultă $I_{min} = 3{,}5 \cdot 10^{-17}$ A.

Relația (22) ne permite a trage următoarea concluzie. Curentul minim măsurabil este cu atît mai mic cu cît: a) rezistența de intrare R e mai mare, b) curentul de grilă I_g e mai mic, c) capacitatea C de intrare e mai mare.

Or, rezistența de intrare maximă se obține atunci cînd nu avem nici o rezistență exterioară ci lucrăm numai cu rezistența de fugă R_s (v. (2)) care la pentode ghindă *RL* 2, 4 *P*3 este de ordinul $5 \cdot 10^{13}\ \Omega$. Curentul de grilă minim I_g se obține lucrînd cu tensiuni anodice, și încălziri ale catodei cît mai mici după cum s-a arătat în [1].

Trebuie arătat că alegînd punctul de funcționare unde I_{g+} este egal cu I_{g-} (adică unde $I_g = 0$) termenul al doilea de sub radical din formula (22) nu este nul căci în acest punct există atît curent electronic I_{g-} cît și curent ionic I_{g+} care dau fluctuațiile în rezistența de intrare.

In consecință dacă se lucrează în punctul de funcționare $I_g = 0$, în formula (22) trebuie luată mărimea curentului ionic sau electronic care se echilibrează în acest punct.

In montajul utilizat de noi cu lampa ghindă *RL*2, 4*P*3 cu o tensiune anodică de $V_a = 10-12$ V la o tensiune de încălzire a filamentului de cca un volt, se obţine un curent anodic $I_a = 10\mu$ A şi un curent de grilă $I_{g+} = 10^{-11}$ A.

Toate aceste consideraţiuni teoretice arată deci că e preferabil să se măsoare curenţii fără rezistenţă exterioară R_e adică cu grilă „liberă". Unii autori mai vechi (Donzelot [10]) susţin că în acest fel amplificatorul era stabil de oarece rezistenţa de fugă R_s e nestabilă. Or din teoria expusă mai înainte rezultă că în fond ceea ce contează în mărirea stabilităţii e constanta de timp $\tau = CR$, care intervine la numitorul formulei (22) şi mărimea curentului de grilă I_g de care depinde I_{min} măsurabil. Acest lucru a fost constatat şi experimentat în această lucrare unde utilizăm numai rezistenţe de fugă R_s pentru a obţine sensibilitatea maximă.

Greutatea care se iveşte provine din faptul că R_s nu se poate măsura suficient de precis pentru a utiliza de exemplu un sistem de compensare cu potenţiometru ca în metodele clasice. De asemenea această rezistenţă are variaţii lente care depind de starea de curăţenie a sticlei balonului lămpii şi de higroscopicitatea atmosferei, astfel încît ar fi necesară de fiecare dată reetalonarea aparatului înainte de măsurare. Totuşi un asemenea sistem de măsură ar fi posibil prin luarea de precauţii suficiente pentru menţinerea constanţei lui R_s, însă nu l-am găsit utilizat nicăeri. In metoda utilizată de noi şi expusă în această lucrare folosim şi avantajul rezistenţei mari de intrare lucrînd cu grilă liberă, însă eliminăm reetalonarea aparatului de oarece nu lucrăm printr-o compensare exterioară cu potenţiometrul ci prin autocompensare datorită curentului ionic de grilă.

Să presupunem că vrem să măsurăm curentul de ionizare dat de o

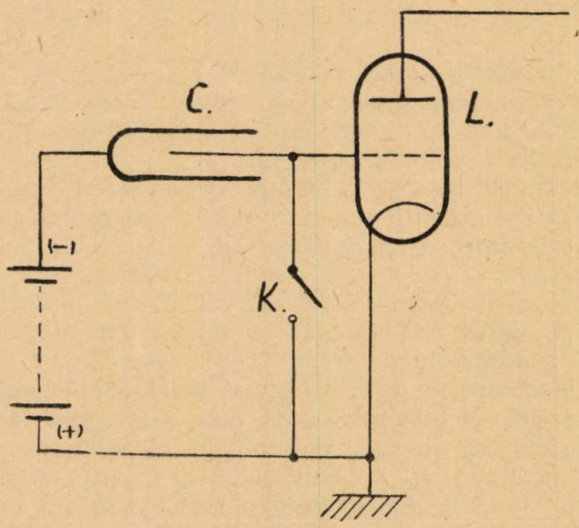


Fig. 2

substanţă radioactivă ce se află în camera de ionizare C. Electrodul central al camerei de ionizare îl legăm direct pe grila de comandă a lămpii

L, utilizată ca electrometru. Ionii pozitivi se vor duce la electrodul exterior al camerei de ionizare pus la potențial negativ iar ionii negativi vor tinde să se ducă la electrodul central negativînd din ce în ce grila de comandă a lămpii electrometru. Dacă grila de comandă nu ar fi perfect izolată și nu ar exista curentul de grilă I_g, atunci grila de comandă s-ar negativa tot mai mult pînă cînd ar deveni mai negativă decît catoda cu potențialul aplicat camerii de ionizare. Viteza cu care se negativează grila față de catodă ar fi evident dată de relația

$$I = C\frac{dV}{dt} \tag{23}$$

în care I este curentul dat de ionii substanței radioactive sau de curentul de măsurat; C — capacitatea de intrare a montajului; dV — variația de potențial a grilei de comandă în timpul dt.

Funcționarea ar fi perfect analoagă cu cea a unei camere de ionizare conectată la un electrometru electrostatic sensibil. Insă noi lucrăm astfel în această metodă: lăsăm grila să-și ia singură potențialul corespunzător punctului de funcționare $I_g = 0$ și aplicăm potențialul camerei de ionizare. In acest caz grila tinde să se negativeze așa după cum am văzut mai înainte. Apare curentul ionic de grilă care tinde să pozitiveze grila de comandă și să ducă punctul de funcționare înapoi unde era inițial. Echilibrul se va stabili acolo unde curen-

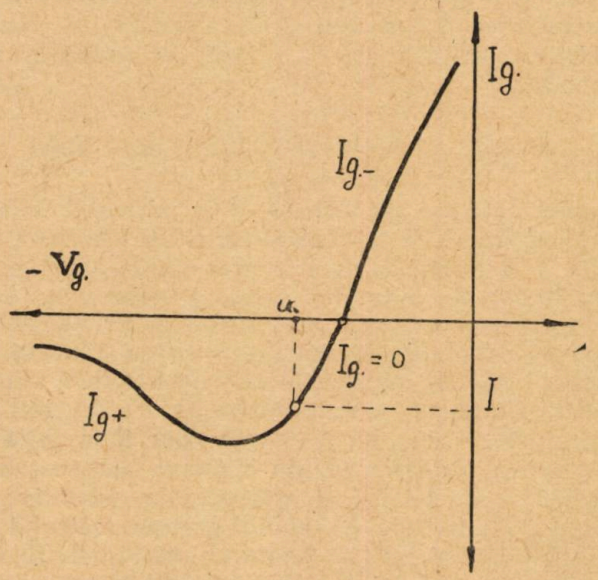


Fig. 3

tul I dat de exemplu de substanța radioactivă din afară va egala curentul ionic de grilă I_{g+}. Deci dacă cunoaștem cu ce tensiune se negativează grila cînd se stabilește echilibrul între curentul care trebuie măsurat și curentul de grilă al lămpii putem cunoaște curentul I care

trebuie măsurat. Pentru aceasta trebuie să ridicăm curba curentului de grilă care devine curba de etalonare a aparatului. Să presupunem că această curbă este ridicată în fig. 3. Fixăm zeroul aparatului indicator (galvanometru) în punctul unde grila e „liberă". Aplicăm tensiunea la camera de ionizare, grila se negativează, spotul galvanometrului pus în circuitul anodic deviază faţă de poziţia anterioară. Dacă scala galvanometrului era gradată anterior în milivolţi, aplicaţi între grilă şi catodă, putem şti cu cîţi milivolţi s-a negativat grila ulterior. Mergem pe curba curentului de grilă cu acelaşi număr de milivolţi faţă de punctul $I_g = 0$ şi aflăm ce curent I corespunde. In felul acesta precizia măsurării depinde evident de precizia ridicării caracteristicii de grilă, care e curba de etalonare a aparatului.

Montajul utilizat

Pentru ca aparatul construit pe această metodă de măsură să fie lesne transportabil am utilizat ca instrument de măsură un galvanometru de masă cu ac, cu o sensibilitate de cca $2.10^{-7} A$/div. şi rezistenţa internă 300 Ω. Pentru aceasta am utilizat încă un etaj de amplificare de tipul echilibrat în punte iar schema montajului este cea din fig. 4, unde C — camera de ionizare; L_1 — pentoda ghindă $RL\,2,4P_3$; $L_2/1, L_2/2$, pentoda dublă $DLL\,21$; mV — milivoltmetru de 200 mV; P_1 - potenţiometrul bobinat de 2000 Ω; P_2 — potenţiometrul bobinat de 500 Ω; P_3 — potenţiometrul bobinat de 5000 Ω; G — galvanometrul cu ac 0,2 μA/div.; K_3, K_4, K_5 — întrerupător celular cu 3 contacte şi două poziţii; b_1 — inel de gardă în jurul izolatorului de chihlimbar; b_2 — inel de gardă la baza balonului lămpii electrometru.

Metoda de lucru şi reglajul aparatului

Intîi gradăm aparatul de măsură G în milivolţii aplicaţi între grilă şi catoda lămpii utilizată ca electrometru. Pentru aceasta K_2 este închis, K_1 e pe poziţia 1 şi întrerupătorul celular cu contactele K_3, K_4, K_5 pe poziţia care închide toate contactele sale. Aşteptăm cca. 15 minute pentru ca să se stabilizeze tensiunile de alimentare şi dăm sensibilitatea maximă a galvanometrului, corijînd poziţia sa de zero cu ajutorul lui P_3. Potenţiometrul P_2 este iniţial la poziţia de zero, astfel încît milivoltmetrul mV stă şi el la zero. Cursorul potenţiometrului P_1 stă într-o poziţie care corespunde aproximativ cu potenţialul pe care îl ia grila liberă, (atunci cînd K_2 este deschis). Această poziţie o putem determina prin 2—3 închideri şi deschideri ale lui K_2 şi prin reglaje succesive ale lui P_1 aşa încît atunci cînd închidem pe K_2 spotul galvanometrului să nu mai devieze decît 2—3 diviziuni. Lăsăm acum P_1 nemişcat, K_2 fiind închis începem să mişcăm cursorul lui P_2. In felul acesta vom negativa grila în plus faţă de punctul unde $I_g = 0$ (vezi curba 3), negativări pe care le citim la milivoltmetrul mV. Notăm deviaţiile lui G şi în felul acesta am etalonat scala galvanometrului, în negativări aplicate între grilă şi catoda lămpii utilizate ca electrometru. A doua operaţie este trasarea curbei curentului de grilă a lămpii utilizată ca electrometru. Pentru aceasta P_1 rămîne de acum definitiv în poziţia găsită anterior. Inchidem pe K_2 şi

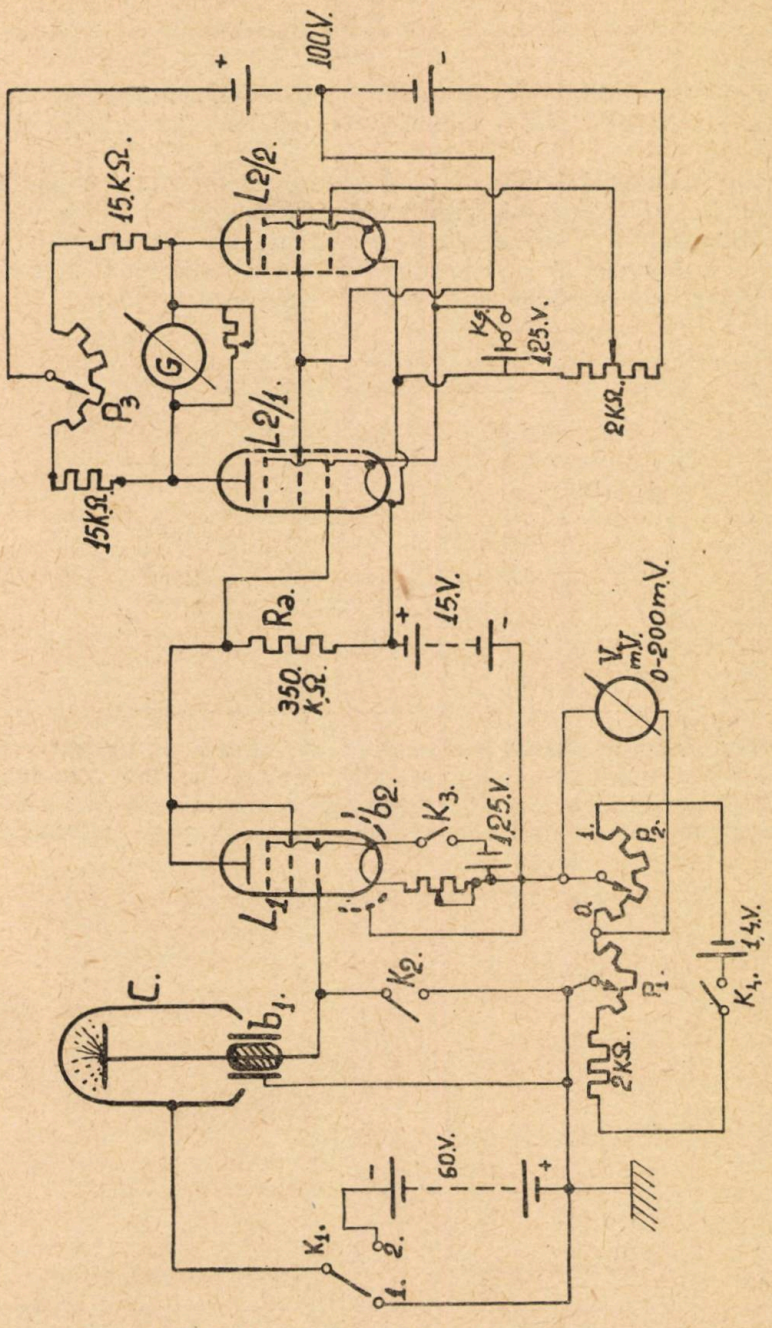


Fig. 4

dăm o negativare grilei de cca 100 mV cu ajutorul lui P_2, deschidem pe K_2 și dăm pe P_2 la zero, astfel că lăsăm grila liberă să-și ia potențialul corespunzător curentului de grilă nul. Acest lucru nu se face instantaneu ci după legea:

$$i_g = C\frac{dV}{dt}$$

în care: i_g — curentul de grilă în A; C — capacitatea de intrare a montajului în farazi; dV — variaţia de tensiune în volţi în timpul dt secunde.

Cu un cronograf notăm timpul corespunzător trecerii spotului lui G din zece în zece diviziuni. Cunoscînd capacitatea lui C de intrare pe care am măsurat-o cu o metodă de rezonanţă (cu un Q-metru Tesla), putem cunoaşte curentul i_g şi trasăm curba prin puncte. Pentru uşurinţa etalonării este recomandabil a se alcătui următorul tablou.

TABLOUL 1

C_F	$\alpha_{div.}$	$t_{sec.}$	$\Delta t_{sec.}$	$\Delta V_{mV.}$	i_g A.
8.10^{-12}	140	0			
	130	10	10	10	8.10^{-15}
	120	21	11	10	7.10^{-15}
	.....		etc		
	0				

Punem acum substanţa radioactivă în camera de ionizare, K_2 fiind închis. Aplicăm tensiunea la camera de ionizare punînd comutatorul K_1 în poziţia 2. Deschidem pe K_2 şi aşteptăm cca 2 minute pînă cînd spotul galvanometrului se stabileşte la o poziţie, citim deviaţia galvanometrului

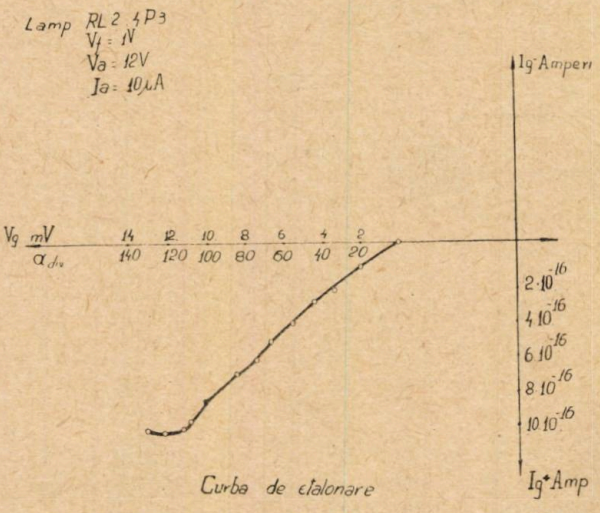


Fig. 5

și mergem pe curba de etalonare. De exemplu la 140 diviziuni curentul dat de substanța radioactivă este de cca 8. 10^{-16} A.

Etalonarea aparatului rămîne constantă la o funcționare timp de una—două săptămîni. Cînd scade sensibilitatea în milivolți o aducem la situația anterioară prin micșorarea rezistenței din circuitul catodei lămpii *RL*2, 4*P*3.

De asemenea milivoltmetrul, nu este necesar decît la etalonarea aparatului, astfel încît aparatul să poată fi construit sub o formă foarte compactă. La o încălzire a lămpii *RL*2,4 *P* 3 de cca un volt și la $V_a =$ 12 V, $I_a = 10\mu A$, iar sensibilitatea aparatului este în jurul lui 0,1 milivolți pe diviziune la galvanometrul de 2. 10^{-7} amperi/div.

Dacă sursele de alimentare sînt de bună calitate nu se observă fluctuația la galvanometru și deci sensibilitatea se poate încă mări.

Din curba de etalonare se poate vedea că un curent de 3.10^{-16} A produce o deplasare a spotului de cca 30 mm pe scala galvanometrului.

Concluzii

Cu ajutorul lămpii *RL*2, 4*P*3, utilizînd metoda de măsură descrisă mai sus, cu ajutorul unui montaj foarte simplu, fără de rezistență separată de intrare de $10^{11}\Omega$, se pot măsura curenți mai mici de 10^{-15} amperi. Astfel un curent de 3.10^{-16} A, dă circa 30 diviziuni pe scara galvanometrului. Alimentarea aparatului se poate face de la baterii uscate, de oarece consumă foarte puțin.

O măsură durează aproximativ 2—3' după o perioadă inițială de circa o jumătate oră necesară stabilizării montajului.

Catedra de Automatizări
Laboratorul de Electronică Industrială

BIBLIOGRAFIE

1. Onu C. și colab., Studiul lămpilor electronice obișnuite în scopul folosirii lor ca electrometru, Rev. Univ. „Al. I. Cuza" și a Inst. Polit. Iași, 1955, t. I, 1 2, pp. 289—308
2. Лопатин Б. А, Ламповые гальванометры постоянного тока, Г. Э. И., М.-Л., 1952.
3. Санин А. А., Радиотехнические методы исследования излучений, Г.И.Т.Т.Л., Москва, 1951.
4. Бонч-Бруевич А. М., Применени электронных ламп в экеперимнентальной физике, Г.И.Т.Т.Л , Москва, 1955.
5. Елмор В., Сандс М., Электроника в модерной физике, И. Л., Москва, 1954.
6. Koganov L. I., *Mutatori electronici și ionici*, Ed. Energetică de Stat, Buc., 1953, (trad. din l. rusă).
7. Berleev I., Amplificatori de curent continuu, Analele Romino-Sovietice, seria Mat. Fizică, nr. 4, 1953.
8. Vlasov V. V., *Tuburi electronice*, Ed. Energetică de Stat, Buc., 1953, (trad. din l. rusă).
9. Lambrey Maurice, *Radiotechnique générale*, Paris, 1947.
10. Donzelot Gh., Notes sur les amplificateurs à courant continu, Revue „Radium et Radioactivité", 1927.

НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ ПОРЯДКА 10^{-15} А ЭЛЕКТРОННЫМИ ЛАМПАМИ МОНТИРОВАНЫМИ КАК ЭЛЕКТРОМЕТР

(Краткое содержание)

Авторы анализируют факторы от которых зависит минимум измеряемого тока в монтаже с электронной лампой и причины производящие флуктуации указательной системы или шпота гальванометра, констатируя что есть возможность измерять очень слабые токи без внешнего входного сопротивления.

В методе работы, авторы используют преимущество больших входных сопротивлений, работая со свободной сеткой, а измеряемый ток самокомпенсируется через сетчатый ток миниатюрной лампы, установленной электрометром.

Используя лампы $RL\,2{,}4\,P3$, при методе свободной сетки, без отдельного входного сопротивления 10^{11} ом, измерялись токи 10^{-15} А.

Одно измерение продолжается около 2—3 минут, после получасового начального времени действия, требуемое для установления монтажа.

MÉTHODE NOUVELLE POUR LA MESURE DES COURANTS DE L'ORDRE DE 10^{-15} A À L'AIDE DES TUBES ÉLECTRONIQUES MONTÉS EN ÉLECTROMÈTRE

(R é s u m é)

Les Auteurs analysent les facteurs qui influencent le courant minimum mésurable à l'aide d'un montage à tube électronique; ils étudient, en particulier les causes qui produisent des fluctuations du système indicateur ou du spote du galvanomètre et on constate qu'il est bien possible de mesurer des courants très petits sans utiliser une résistance extérieure d'entrée.

Dans la technique proposée par les Auteurs pour effectuer la mesure du courant on utilise l'avantage des grandes résistances à l'entrée, en travaillant à la grille libre; le courant à mesurer est autocompensé à l'aide du courant de grille du tube monté en électromètre.

On a utilisé le tube $RL2,\ 4P3$, à l'aide duquel, en utilisant la méthode de la grille libre, (c'est à dire sans résistance separée d'entrée de $10^{11}\Omega$), on a mesuré des courants de l'ordre de 10^{-15} A.

Une détermination nécessite cca 2—3 minutes, après un temps initial de fonctionnement de cca 30 minutes, nécessaire pour stabiliser le montage.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

ARMONICE LA TRANSFORMATOARELE TRIFAZATE CU FLUXURI FORŢATE ŞI MONTAJ Yy ÎN FUNCŢIONAREA NESIMETRICĂ

DE

V. CORLĂŢEANU, GH. ŞERBAN şi M. VASILCIUC

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

1. Într-un articol anterior [1] s-a cercetat din punct de vedere teoretic şi experimental armonica 3 la transformatoarele trifazate cu fluxuri forţate şi montaj Yy în mersul la gol şi în încărcare simetrică şi s-a ajuns la următoarele concluzii:

a. In partea teoretică s-a dat o diagramă care permite calculul rezistenţei ce trebuie să o aibă spira amortizoare a unui transformator încărcat simetric, în funcţie de raportul în care ne propunem să reducem armonica 3 din tensiune.

b. S-a dat expresia valorii maxime a pierderilor în spiră şi s-a dedus valoarea pe care trebuie să o aibă rezistenţa spirei cînd vrem să reducem pierderile într-un anumit raport, faţă de pierderile maxime.

c. Experimental s-a constatat că armonica 3 din tensiune poate proveni nu numai din saturaţia circuitului magnetic al transformatorului, ci şi din tensiunea alternatorului, în cazul cînd montajul are fir neutru la primar. In acest caz în tensiunea primară pot apare unele armonice chiar cînd ele nu există în f. e. m. produsă de alternator, ceea ce se explică prin căderile de tensiune în alternator cauzate de armonicile curentului magnetizant. Armonicile 3 provenind de la alternator pot avea valori mai importante decît cele datorite saturaţiei transformatorului, atunci cînd alternatorul şi transformatorul sînt de puteri apropiate.

d. Cînd neutrul primar este cuplat, prezenţa terţiarului atenuiază armonicile 3 din tensiunile stelate primară şi secundară a transformatorului, precum şi din curenţii secundari, în schimb întăreşte armonica 3 din curentul primar.

e. In tensiunea stelată şi în curentul din utilizare, armonică 3 nu apare decît în cazul cînd neutrul secundar este cuplat.

f. Cuplarea neutrului secundar micşorează curentul de armonică 3 din terţiar.

In acest articol ne propunem să studiem experimental aceeaşi problemă în cazul funcţionării transformatorului pe o încărcare nesimetrică.

Faţă de funcţionarea la încărcare simetrică, vor interveni următorii factori:

a. Apariţia unui flux homopolar de frecvenţă fundamentală, care va produce o deplasare puternică a punctelor neutre.

b. Saturaţii magnetice diferite pe coloane, care au ca urmare apariţia armonicelor de tensiune de ordin 3, diferite ca valoare, pe fiecare fază. O consecinţă a acestui fapt este prezenţa armonicei 3 în tensiunile compuse.

c. Datorită încărcării nesimetrice căderile de tensiune pe faze la alternator vor fi inegale, ceea ce face ca primarul transformatorului să fie alimentat cu un sistem nesimetric de tensiuni.

2. In funcţionarea nesimetrică a unui transformator trifazat cu montaj Yy există posibilitatea apariţiei unei disimetrii a fluxurilor magnetice. Sistemul trifazat nesimetric de fluxuri se poate descompune în componente simetrice: directă, inversă şi homopolară. In timp ce f. e. m. induse în terţiar de fluxul direct şi cel invers au pentru cele trei faze rezultanta egală cu zero, fluxul homopolar induce în terţiar f. e. m. a căror rezultantă este de trei ori mai mai mare decît componenta homopolară a f.e.m. dintr-o fază.

Cauzele care produc fluxul homopolar sînt:

A. Existenţa unui curent homopolar în secundar, cînd montajul nu are fir neutru la primar. Rezultă pe miez un număr de amperspire homopolare As_h care dau naştere fluxului homopolar $\Phi'_h = \frac{As_h}{R}$ de frecvenţă fundamentală. La montajele fără fir neutru la secundar nu se produc amperspire homopolare în secundar; la montajul $Y_0\, y_0$ cu neutru la primar şi la secundar, disimetria de încărcare din secundar se transmite în primar şi astfel amperspirele homopolare din secundar sînt compensate de cele din primar.

B. Existenţa unei componente homopolare în tensiunile primare ale transformatorului. Aceasta poate proveni din mai multe cauze:

a. Disimetrii constructive ale transformatorului ca: inegalitatea impedanţelor sau a numărului de spire pe fazele înfăşurării primare, sau inegalitatea reluctanţei coloanelor. Aceste cauze apar la transformatoarele fără fir neutru la primar. Inegalitatea numărului de spire pe fază la primar, dă naştere la un flux homopolar şi la montajul cu fir neutru la primar.

b. Alimentarea primarului cu un sistem de tensiuni ce conţine o componentă homopolară, provenită din f. e. m. ale alternatorului, sau cauzată de căderile de tensiune produse în alternator de curenţii homopolari. Ultima cauză de deformare a tensiunii se manifestă mai puternic cînd puterea nominală a transformatorului şi cea a alternatorului care îl alimentează au valori apropiate.

Dacă un astfel de transformator are montajul $Y_0\, y_0$, disimetriile de încărcare din secundar se transmit în primar. Căderile de tensiune pe fazele alternatorului au valori inegale şi conţin componente homopolare. Deplasarea punctului neutru al alternatorului, produsă de aceste componente, se transmite la primarul transformatorului prin firul neutru.

Este necesar să subliniem că faţă de fluxul produs de cauzele de la punctul *A* bobinarea terţiară se comportă diferit decît faţă de fluxul produs de cauzele de la punctul B.

In funcţionarea unui transformator trifazat, cauza de la punctul *A* va produce un număr de amperspire proporţional cu curentul de pe neutrul secundar. Pentru o valoare dată a acestui curent, valoarea eficace a amper-

spirelor homopolare din secundar rămîne constantă indiferent dacă terțiarul este cuplat sau nu. Prin miezul transformatorului și prin aer se închide un flux homopolar; cînd terțiarul este cuplat, în el se induc f. e. m. și curenți care dau o f. m. m. opusă amperspirelor homopolare din secundar și astfel fluxul homopolar este amortizat, analog cu fluxul de ordin multiplu de 3.

Dacă notăm cu R reluctanța drumului parcurs prin aer de fluxul homopolar Φ'_h al unei coloane, cu f frecvența tensiunii de alimentare cu I_{20} curentul pe firul neutru din secundar și cu n_2 numărul de spire pe fază la secundar, atunci valoarea maximă a fluxului homopolar, în funcționarea fără terțiar, este:

$$\Phi'_{h0} = \frac{4\pi\sqrt{2}}{10}\,\frac{n_2 I_{20}}{3R},$$

iar f. e. m. terțiară

$$E'_{h0} = \pi\sqrt{2}\, n_3 f\, \Phi'_{h0} \cdot 10^{-8} = \frac{8\pi^2 \cdot 10^{-8}}{30} \cdot \frac{n_2 n_3 f I_{20}}{R}.$$

Dacă r este rezistența și x_1 reactanța de dispersie la frecvența f pentru o fază a terțiarului în funcționarea unui transformator cu terțiarul cuplat, fluxul Φ'_{h0} va fi micșorat de m_h ori, unde:

$$m_h = \frac{1}{n_2 I_{20}} \sqrt{\frac{(3n_3 E'_{h0} + n_2 I_{20} x_1)^2 + r^2 n_2^2 I_{20}^2}{r^2 + x_1^2}}.$$

F. e. m. E'_h în terțiarul închis are valoarea:

$$E'_h = \frac{E'_{h0}}{m_h},$$

iar curentul în terțiar

$$I'_h = \frac{E'_h}{\sqrt{r^2 + x_1^2}}.$$

Cauzele de la punctul B necesită ca independent de valorile curenților din primar și terțiar, f. e. m. primară a transformatorului să conțină o componentă homopolară egală cu componenta homopolară a tensiunii primare. Pentru aceasta miezul transformatorului este parcurs de un flux homopolar Φ''_h care induce în terțiar o f. e. m.

$$E''_h = \pi\sqrt{2}\, n_3 f\, \Phi''_h$$

și un curent

$$I''_h = \frac{E''_h}{\sqrt{r^2 + x_1^2}}.$$

Curentul I''_h nu amortizează fluxul Φ''_h, produs de cauzele de la punctul B, însă mărește inutil curentul în primar, de oarece pentru acest flux terțiarul constituie un secundar în scurt circuit. Rezultă că în prezența fluxului Φ''_h terțiarul nu numai că nu aduce nici o ameliorare, dar prezintă inconveniente grave, mai ales dacă Φ''_h are o valoare mai importantă: se produc

pierderi mari în terțiar ($3rI''_h$) și o încălzire puternică a lui ; cresc pierderile în înfășurarea primară, în linie și în alternatorul ce alimentează transformatorul ; cuva transformatoarelor în ulei, dotate sau nedotate cu bobinare terțiară este sediul aceluiași fenomen ca și terțiarul. Evident, va crește încălzirea tuturor elementelor instalației în care pierderile au crescut.

Se impune deci, ca ori de cîte ori se recurge la un transformator cu înfășurare terțiară, să ne asigurăm mai întîi că au fost înlăturate sau reduse la o valoare neglijabilă toate cauzele de la punctul B.

Cu această condiție, valoarea eficace a curentului din terțiar va fi :

$$I = \sqrt{I'^2_h + I^2_3} ,$$

iar pierderile în terțiar au valoarea;

$$p = p_h + p_3 = 3(rI'^2_h + rI^2_3) .$$

Pentru p_h și p_3 se poate calcula valoarea rezistenței r la care pierderile sînt maxime. Printr-un raționament analog cu cel dat în [1] se pot calcula și reprezenta grafic valorile pierderilor p_h și p_3 în funcție de rezistența r și se poate alege o astfel de valoare a rezistenței terțiarului ce trebuie construit, încît pierderile totale p din terțiar să fie reduse la valoarea dorită.

Cînd rezistența r este cunoscută, coeficienții de amortizare m și m_h pot fi determinați independent unul de altul printr-o relație analoagă cu cea dată în [1].

In general, normele recomandă să nu se folosească transformatoare cu montajul Yy$_0$ decît atunci cînd încărcarea neutrului secundar nu depășește 10% din valoarea nominală a curentului secundar. Din acest motiv, calculul terțiarului la transformatoarele cu fluxuri forțate se va face pentru această valoare maximă a curentului pe neutru.

Calculul rezistenței mecanice a terțiarului se va face la eforturile electrodinamice pe care le suferă bobinarea atunci cînd o fază a secundarului este scurtcircuitată direct la neutru.

3. Datele experimentale au fost luate cu un montaj identic (fig. 1) cu cel întrebuințat la funcționarea simetrică [1].

In această figură P este înfășurarea primară a transformatorului alimentată de la alternatorul trifazat G, S este secundarul transformatorului ce alimentează rezistența de utilizare R_u, T este înfășurarea terțiară. Un comutator K_v ne permite cu ajutorul a doi divizori de tensiune D_p și D_s să obținem oscilogramele tensiunilor. Prin comutatorii K_p și K_s și întrerupătorul I_t se intercalează șunturi care permit să obținem oscilogramele curenților.

Datele experimentale obținute sînt trecute în tabloul I.

In coloana 1 se dau numerele oscilogramelor ; în coloanele 2 și 4 sînt date mărimile oscilografiate; în coloanele 3 și 5 se indică poziția șuntului ampermetric sau a divizorului de tensiune ; în coloana 6 se indică faza secundară întreruptă; în coloanele 7, 8 și 9 se indică prezența cu (+) și absența cu (—) a neutrului primar N_1, a neutrului secundar N_2 și a terțiarului T. In coloanele următoare s-au notat cu U tensiunile stelate în volți cu I curentul în amperi; indicele 1 se referă la primar, 2 la secundar, A,B,C, indică fazele iar 0 neutrul.

Facem observația că tensiunile date de alternatorul care alimentează transformatorul sînt ușor disimetrice.

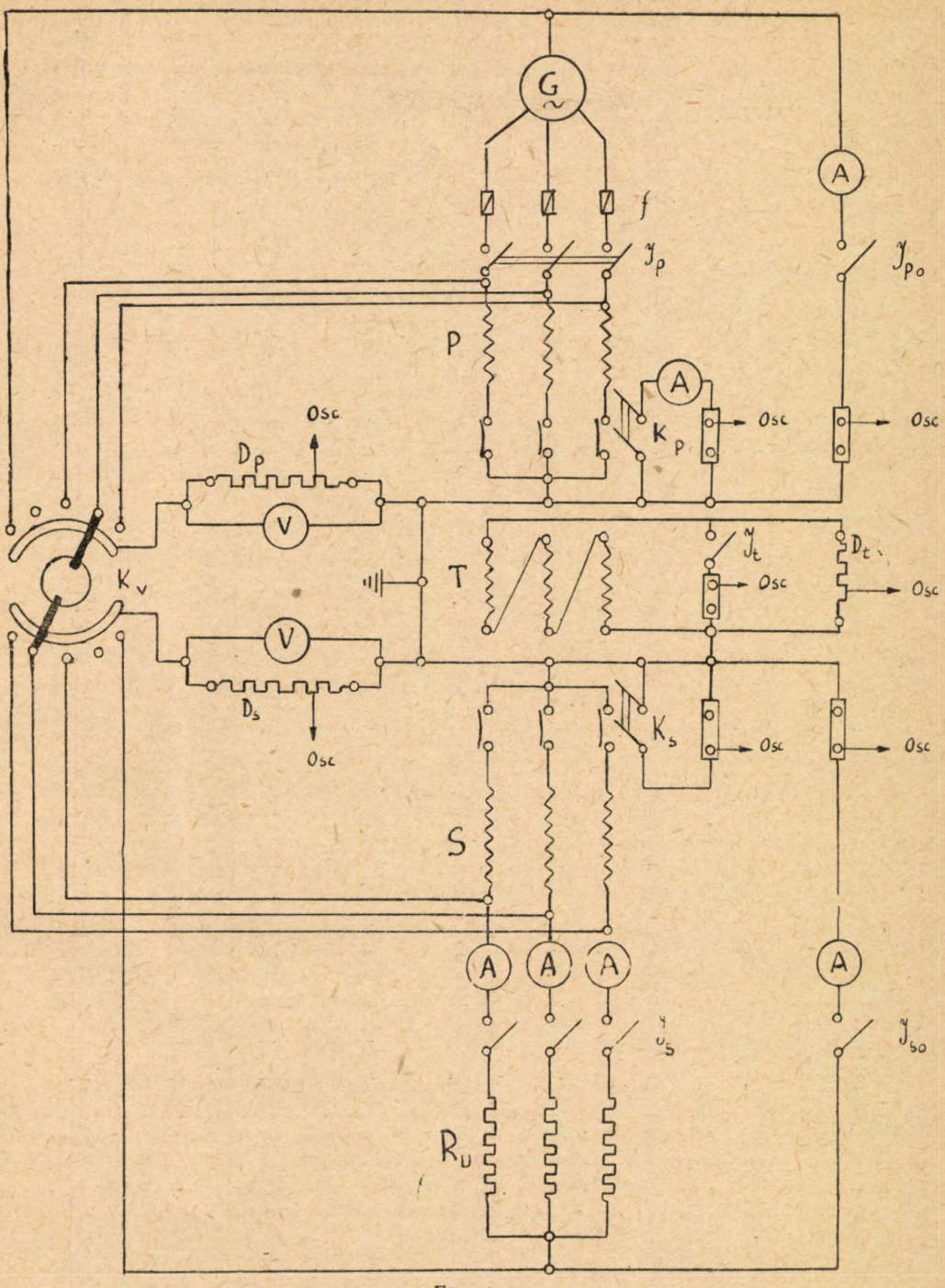

G
A
f
y_p
y_{po}
P
A
Osc
K_p
Osc
Osc
D_p
V
K_v
T
y_t
D_t
Osc
Osc
V
D_s
Osc
K_s
Osc
Osc
S
A
A
A
A
y_{so}
R_u

Fig. 1.

TABLOUL I

(Funcționarea la încărcare nesimetrică) $i_{ex} = 0{,}9$ A.

Nr.	OSCILOGRAME				Faza întreruptă	N_1	N_2	T	U_{1A}	U_{1B}	U_{1C}	U_{1O}	I_A	I_{1B}	I_{1C}	I_{1O}	U_{2A}	U_{2B}	U_{2C}	U_{2O}	I_{2A}	I_{2B}	I_{2C}	I_{2O}
1	I_{1A}	150	U_{1A}	1|10	C_2	—	—	—	74	119	135	32	7,1	6,5	0	—	206	345	387	204	2,3	2,3	0	—
2	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
3	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
4	I_{1B}	150	U_{1B}	„	A_2	—	+	—	106	80	85	40	3,5	6,5	6,5	—	301	230	243	—	0	2,3	2,75	3,1
5	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
6	I_{1A}	150	U_{1A}	„	„								I		d	e		m						
7	I_{1A}	150	U_{1A}	„	C_2	—	+	+	99	122	136	36	6,5	6,8	3,2	—	203	281	323	—	2,3	3,0	0	3,25
8	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
9	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
10	I_{1A}	150	U_{1A}	„	A_2	+	—	—	130	80	120	—	1,0	7,6	6	3,9	374	230	350	220	—	2,3	2,3	—
11	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
12	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
13	I_{1A}	150	U_{1A}	„	„	+	—	+	132	77	119	—	2	8	7,4	6,7	383	221	343	208	—	2,35	2,35	—
14	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
15	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
16	I_{1A}	150	U_{1A}	„	B_2	+	+	—	87	104	77	—	9	2,5	6	7,8	245	306	221	—	3,3	0	2,3	3,7
17	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
18	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
19	I_{1A}	150	U_{1A}	„	„	+	+	+	93	112	78	—	8,3	3,2	6,6	8	263	331	223	—	3,4	0	2,2	3,7
20	I_{1B}	150	U_{1B}	„	„								I		d	e		m						
21	I_{1C}	150	U_{1C}	„	„								I		d	e		m						
22	I_{2A}	150	U_{2A}	„	A_2	—	—	—	135	74	119	32	0	7,1	6,5	—	387	206	345	204	0	2,3	2,3	—
23	I_{2B}	150	U_{2B}	„	„								I		d	e		m						
24	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„								I		d	e		m						
25	I_{2A}	150	U_{2A}	„	C_2	—	+	—	80	85	106	40	6,5	6,5	3,5	—	230	243	301	—	2,3	2,75	0	3,1

26	I_{2B}	150	U_{2B}	1|10	C_2	—|	+|	—|	80	85	106	40	6,5	6,5	3,5	—	230	243	301	—	2,3	2,75	0	3,1
27	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
28	U_{1A}	1|10	U_{2A}	„	A_2	—|	+|	+|	136	99	122	36	3,2	6,5	6,8	—	323	203	281	—	0	2,3	3,0	3,25
29	I_{2B}	150	U_{2B}	„	„									I		d	e		m						
30	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
31	I_{2A}	150	U_{2A}	„	C_2	+|	—|	—|	80	120	130	—	6,0	1,0	7,6	3,9	230	350	374	220	2,3	2,3	0	—
32	I_{2B}	150	U_{2B}	„	„									I		d	e		m						
33	U_{1C}	1|10	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
34	U_{1A}	1|10	U_{2A}	„	A_2	+|	—|	+|	132	77	119	—	2	8	7,4	6,7	383	221	343	208	0	2,35	2,35	—
35	I_{2B}	150	U_{2B}	„	„									I		d	e		m						
36	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
37	U_{1A}	1|10	U_{2A}	„	„	+|	+|	—|	104	77	87	—	2,5	6	9	7,8	306	221	245	—	0	2,3	3,3	3,7
38	I_{2B}	150	U_{2B}	„	„									I		d	e		m						
39	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
40	I_{2A}	150	U_{2A}	„	B_2	+|	+|	+|	93	112	78	—	8,3	3,2	6,6	8	263	331	223	—	3,4	0	2,2	3,7
41	U_{1B}	1|10	U_{2B}	„	„									I		d	e		m						
42	I_{2C}	150	U_{2C}	„	„									I		d	e		m						
43	U_{10}	1|1	U_{20}	„	A_2	—|	—|	—|	135	74	119	32	0	7,1	6,5	—	387	206	345	204	0	2,3	2,3	—
44	U_{10}	1|1	U_3	—	„									I		d	e		m						
45	U_{10}	1|1	I_{20}	150	„	—|	+|	—|	106	80	85	40	3,5	6,5	6,5	—	301	230	243	—	0	2,3	2,75	3,1
46	U_3	—	I_{20}	150	„									I		d	e		m						
47	I_3	150	I_{20}	150	„	—|	+|	+|	136	99	122	36	3,2	6,5	6,8	—	323	203	281	—	0	2,3	3,0	3,25
48	U_{10}	1|1	I_{20}	150	„									I		d	e		m						
49	I_{10}	150	U_{20}	1|10	„	+|	—|	—|	130	80	120	—	1,0	7,6	6	3,9	374	230	350	220	0	2,3	2,3	—
50	U_3	—	U_{20}	1|10	„									I		d	e		m						
51	I_{10}	150	U_{20}	1|10	„	+|	—|	+|	132	77	119	—	2	8	7,4	6,7	383	221	343	208	0	2,35	2,35	—
52	I_3	30	U_{20}	1|10	„									I		d	e		m						
53	U_3	—	I_{10}	150	„	+|	+|	—|	104	77	87	—	2,5	6	9	7,8	306	221	245	—	0	2,3	3,3	3,7
54	U_3	—	I_{20}	150	„									I		d	e		m						
55	I_3	150	I_{20}	150	„	+|	+|	+|	112	78	93	—	3,2	6,6	8,3	8	331	223	263	—	0	2,2	3.4	3,7
56	I_3	150	I_{10}	150	„									I		d	e		m						

Osc. 1, 2 și 3 reprezintă tensiunea stelată și curentul din primarul transformatorului respectiv pe fazele A, B și C cînd faza C_2 din secundar este întreruptă iar nulurile primarului și secundarului precum și terțiarul sînt decuplate.

In oscilogramele 1 și 2 curentul este reprezentat de curba de amplitudine mai mare, iar în oscilograma 3 îl găsim în partea de sus.

In toate încercările, rezistențele din utilizare au fost aproximativ egale pe toate fazele.

La toate fazele din primar se constată prezența armonicei 3 în curent. Această armonică este cauzată de existența armonicei 3 în tensiunea compusă primară. Formele curenților sînt asemănătoare pe toate fazele, iar pe faza din primar corespunzătoare întreruperii curentul este mai mic.

Datorită disimetriei de încărcare din secundarul transformatorului, în fluxul transformatorului apare o componentă homopolară de frecvență fundamentală, care face ca tensiunile stelate și saturația coloanelor să fie diferite ; din această cauză armonicele de ordin 3 au valori diferite în cele trei faze și de aici rezultă concluzia că ele apar și în tensiunea compusă. Tensiunile pe cele trei faze au forme diferite.

Alte deformări în tensiunile de la bornele primarului provin din încărcarea nesimetrică a alternatorului, ceea ce duce la deformarea cîmpului său rezultant și la căderi de tensiune diferite pe faze. In toate încercările făcute s-a constatat că dacă se întrerupe altă fază a secundarului, curbele obținute se repetă prin permutări circulare.

Osc. 4, 5 și 6 reprezintă tensiunile și curenții primari cînd faza A_2 din secundar este întreruptă, nulul secundar fiind cuplat, iar nulul primar și terțiarul decuplate. Se constată că datorită prezenței nulului secundar, armonica 3 de tensiune scade mult. In curentul primar, armonica 3 care există în cazul nulului secundar decuplat, se atenuiază.

In general forma curbelor curenților se aseamănă cu forma curbelor tensiunilor. Prezența nulului secundar face să crească curentul în primar pe faza corespunzătoare întreruperii.

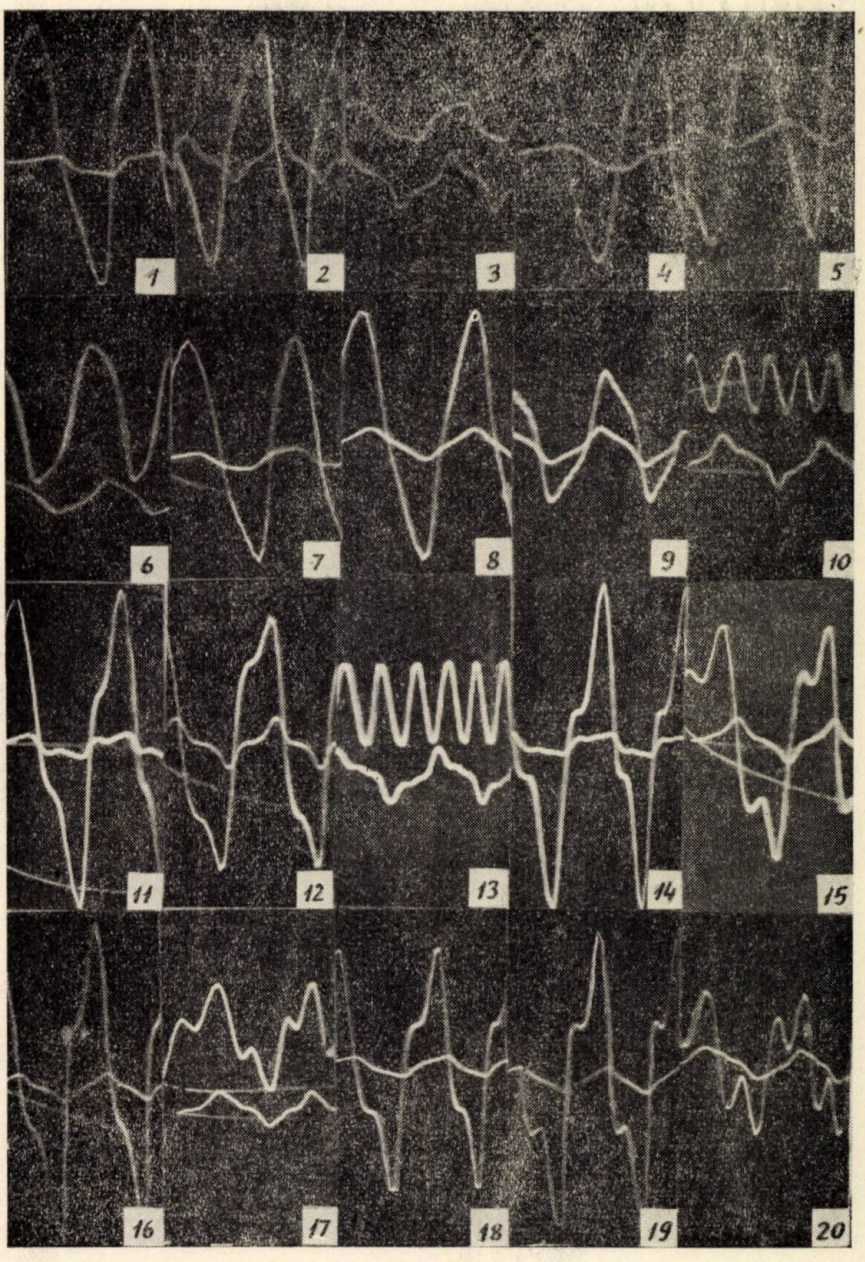
Osc. 7, 8 și 9 reprezintă curentul și tensiunea primară cu nulul secundar și terțiarul cuplate iar nulul primar decuplat, faza C_2 fiind întreruptă. In curba tensiunilor nu se observă nici o modificare față de cazul cînd terțiarul era decuplat (cazul precedent). In curent apar armonice de ordin superior de amplitudine mică, în special pe faza corespunzătoare întreruperii.

Osc. 10, 11 și 12 reproduc curenții și tensiunile primare cu nulul primar cuplat, nulul secundar și terțiarul decuplate, faza A_2 fiind întreruptă.

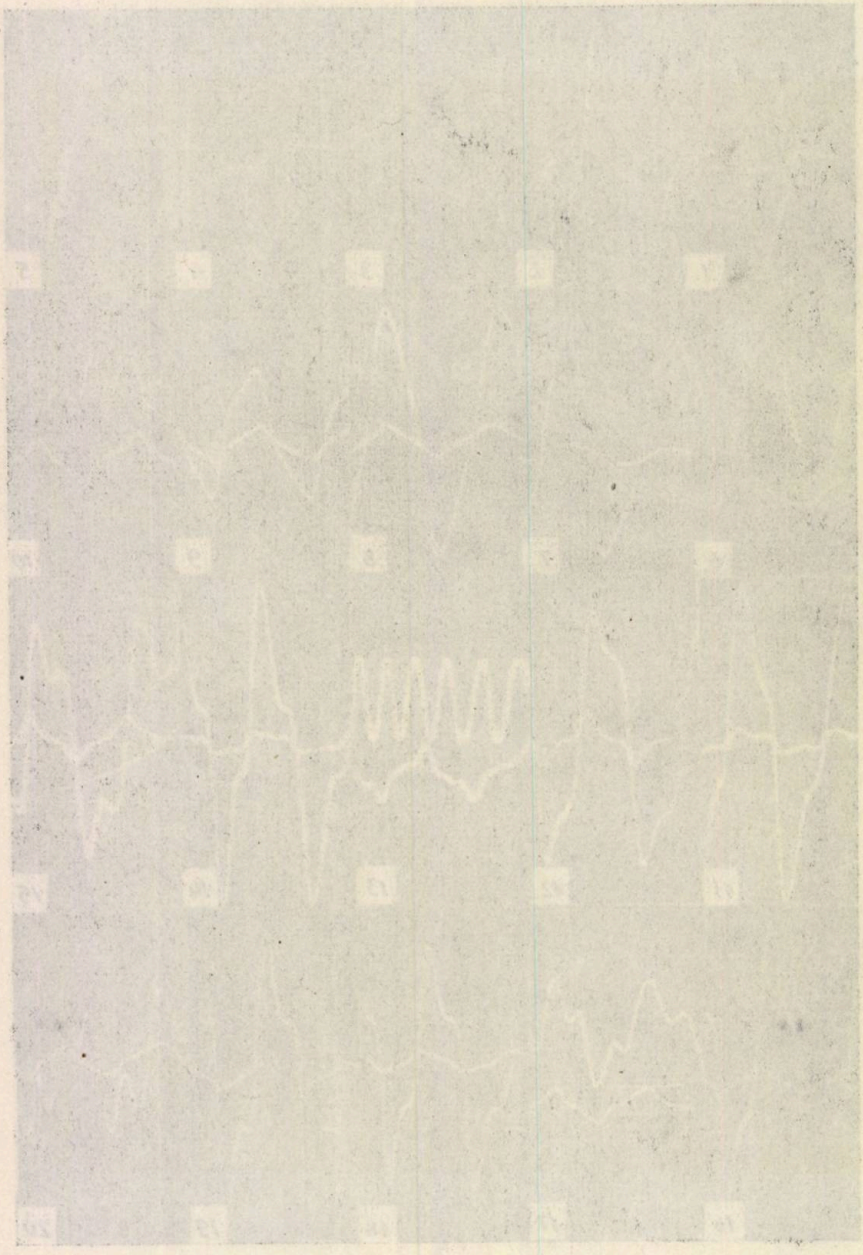
Prezența nulului primar face să se accentueze mult armonica 3 în curenții primari pe toate fazele ; pe faza corespunzătoare întreruperii apare numai curent de armonică 3.

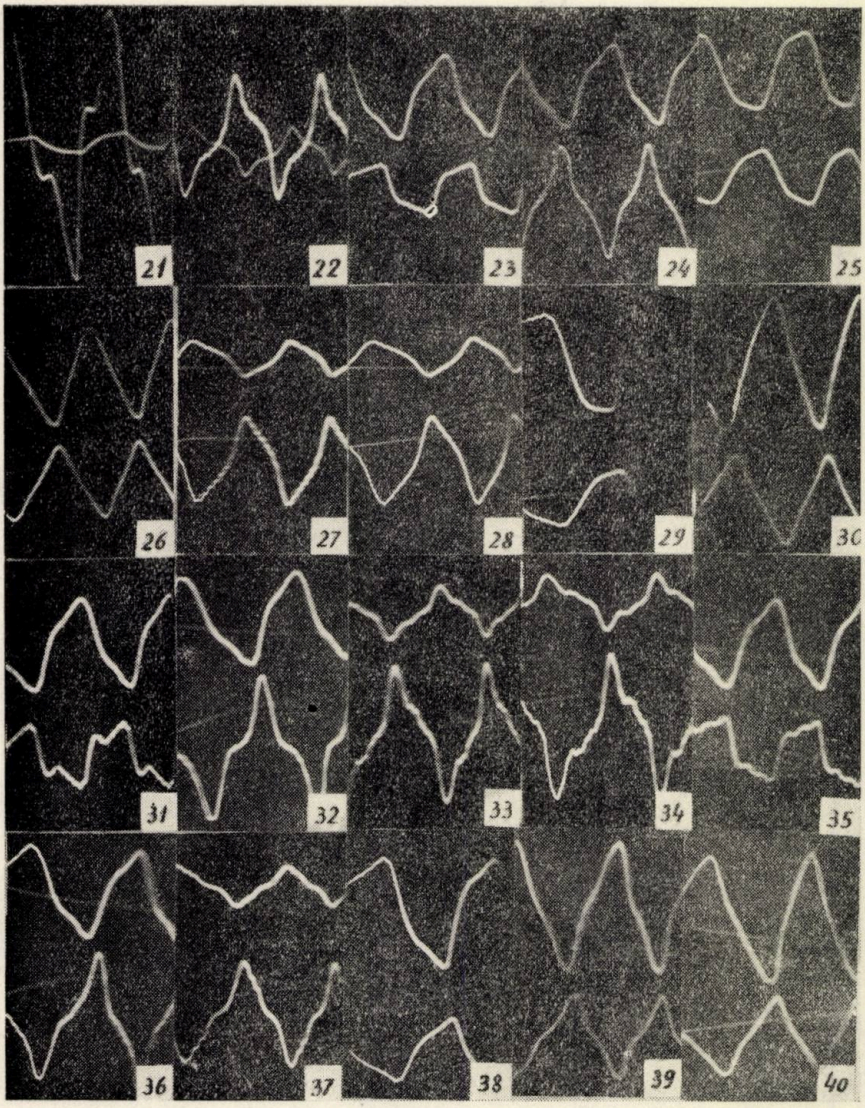
Curentul de armonică 3, circulînd prin înfășurările alternatorului, produce căderi de tensiune, care aduc deformări importante tensiunilor stelate ale alternatorului. De aceea tensiunile stelate ale transformatorului conțin armonice de ordin 3 mult mai mari decît în cazul precedent. Pe faza corespunzătoare întreruperii se observă existența armonicelor de ordin superior și în special a celei de ordinul 5.

Osc. 13, 14 și 15 reprezintă curenții și tensiunile primare în cazul cînd nulul primar și terțiarul sînt cuplate, nulul secundar decuplat, iar faza

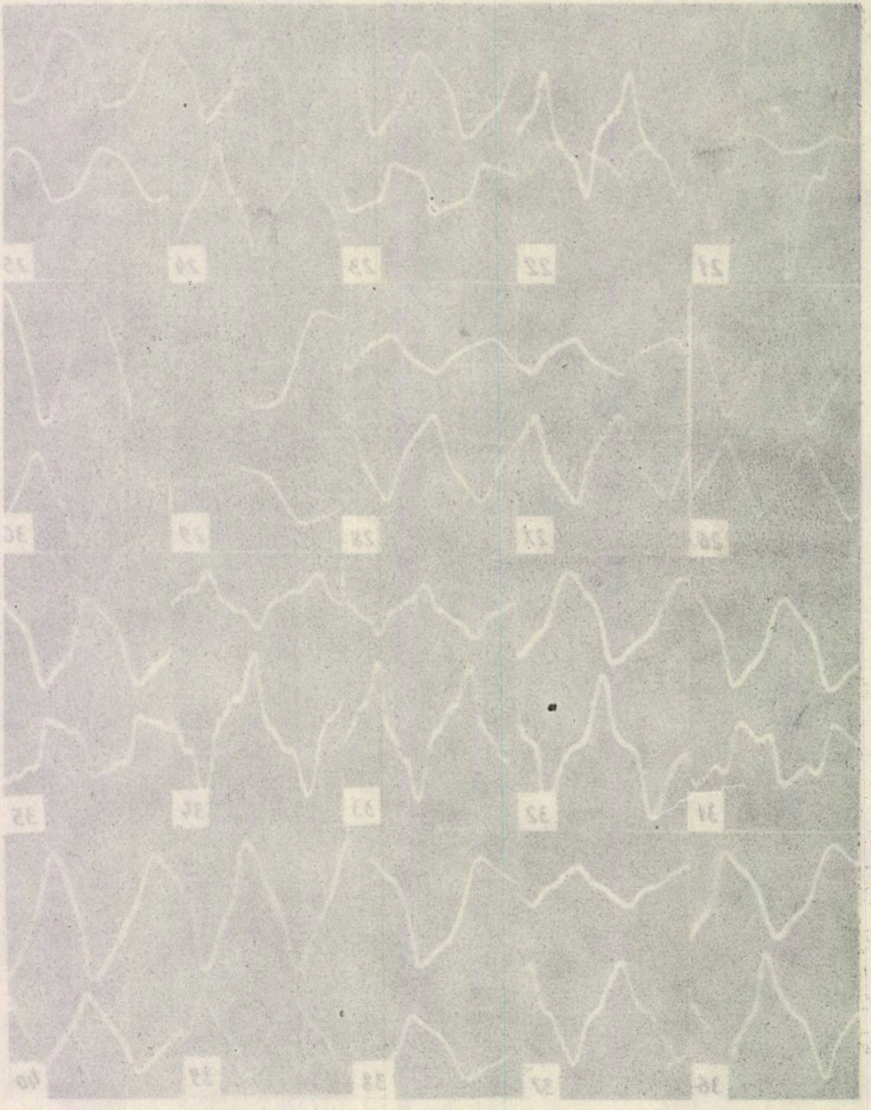


PLANŞA I (osc. 1—20).





PLANŞA II (osc. 21—40)



A_2 întreruptă. In tensiune se observă că la introducerea terțiarului apare armonica 5 și alte armonici de ordin mai mare. Armonica 3 se menține aproximativ la fel ca în cazul terțiarului decuplat. In curbele curentului armonica 3 apare mai puternică la cuplarea terțiarului.

Osc. 16, 17 și 18 reprezintă aceleași mărimi ca și în cazurile precedente, cu ambele nuluri cuplate, terțiarul decuplat, iar faza B_2 întreruptă. Cuplarea neutrului secundar face să crească curentul pe fazele secundarului datorită faptului că în loc să aplicăm tensiunea compusă la două faze ale utilizării legate în serie (ca în cazul precedent), în acest caz fiecărei faze din utilizare îi este aplicată tensiunea stelată. Se constată de asemenea întărirea armonicei 3 în curent și slăbirea ei în tensiune, în special pe fazele neîntrerupte. Prezența nulului secundar aduce o oarecare uniformizare a tensiunilor primare. Pe faza primară corespunzătoare întreruperii apare o componentă a curentului de frecvență fundamentală. Armonicele de ordin superior lui 3 din tensiune se atenuiază.

Osc 19, 20 și 21 reprezintă aceleași mărimi cu ambele nuluri și terțiarul cuplate, iar faza B_2 întreruptă. Prezența terțiarului întărește armonica 3 din curentul primar. Tensiunile au crescut în valoare.

Osc. 23 și 24 reprezintă curenții (sus) și tensiunile stelate din secundar pe fazele B și C în cazul cînd nulurile și terțiarul sînt decuplate, faza A_2 fiind întreruptă. Osc. 22 reprezintă în aceleași condiții tensiunea stelată primară și secundară (curba mare) pe faza A. Se observă că tensiunile secundare păstrează în linii mari forma tensiunilor primare din aceleași condiții de funcționare (osc. 1, 2 și 3). Amplitudinea tensiunii fiind mai mare se disting mai bine armonicele de dantură. Curenții de pe cele două faze neîntrerupte au aceeași formă, deoarece nulul secundar este decuplat. Curentul conține o slabă armonică 3, asemănătoare cu aceea din primar.

Osc. 25 și 26 reproduc curenții (sus) și tensiunile secundare pe fazele A și B, atunci cînd nulul secundar este cuplat, nulul primar și terțiarul sînt decuplate și faza C_2 întreruptă. Osc. 27 reprezintă tensiunile stelate primară (sus) și secundară în aceleași condiții. In tensiune armonicile de ordin 3 se atenuiază la cuplarea nulului secundar. Curenții de pe fazele neîntrerupte au aceeași formă cu tensiunile stelate corespunzătoare

Osc. 29 și 30 reprezintă curenții (sus) și tensiunile stelate secundare pe fazele B și C cînd nulul secundar și terțiarul sînt cuplate iar nulul primar este decuplat, faza A_2 fiind întreruptă. Osc. 28 reprezintă, în aceleași condițiuni, tensiunile stelate primară (sus) și secundară pe faza A.

Se constată că în absența nulului primar, atunci cînd este cuplat nulul secundar nu se observă nici un efect asupra curenților și tensiunilor la cuplarea terțiarului.

Osc. 31 și 32 reprezintă curenții (sus) și tensiunile stelate secundare pe fazele A și B cu nulul primar cuplat, iar nulul secundar și terțiarul decuplate și faza C_2 întreruptă. Osc. 33 reprezintă în aceleași condiții tensiunile stelate primară (sus) și secundară pe faza C. Tensiunile secundare au aceeași formă cu tensiunile primare din aceleași condiții de funcționare (osc. 10, 11 și 12). Curenții din secundar de pe cele două faze neîntrerupte au forme identice conținînd fundamentala și armonica 3. Față de cazul cînd nulul primar este decuplat (osc. 22, 23 și 24), curenții secun-

dări nu-și schimbă forma și valoarea pe cînd în tensiunile secundare armonica 3 se accentuiază mult la cuplarea nulului primar.

Osc. 35 și 36 reprezintă curenții (sus) și tensiunile stelate secundare pe fazele B și C cu nulul primar și terțiarul cuplate și nulul secundar decuplat, faza A_2 fiind întreruptă. Osc. 34 reprezintă tensiunile stelate primară (sus) și secundară în aceleași condiții. In tensiune se distinge întărirea armonicei de ordin 5. Din tabloul 1 se constată mărirea dezechilibrului tensiunilor. Curenții nu își schimbă forma față de cazul cu terțiar decuplat.

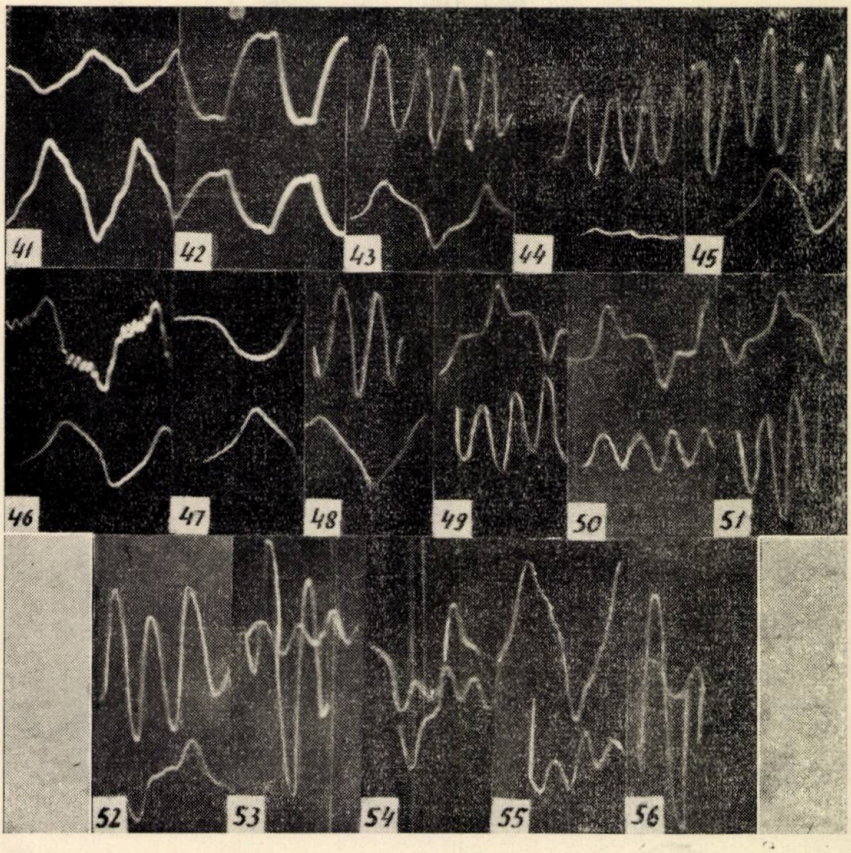
Osc. 38 și 39 reprezintă curenții secundari (sus) și tensiunile secundare pe fazele B și C cînd ambele nuluri sînt cuplate, iar terțiarul este decuplat și faza A_2 întreruptă. In osc. 37 sînt reprezentate în aceleași condiții tensiunile stelate primară (sus) și secundară. Față de cazul cînd nulul secundar este decuplat (osc. 31, 32, 33), se observă că armonicele de ordin 3 și superioare din tensiune scad. De asemenea scade însăși valoarea undei fundamentale. Aceasta se explică prin creșterea curenților și a căderilor de tensiune cauzate de prezența nulului secundar, ceea ce are ca urmare micșorarea fluxului și a saturației. Formele curbelor curenților se aseamănă cu formele tensiunilor stelate respective.

Osc. 40 și 42 reprezintă curenții (sus) și tensiunile secundare pe fazele A și C cînd ambele nuluri și terțiarul sînt cuplate iar faza B_2 este întreruptă. In osc. 41 sînt reprezentate în aceleași condiții tensiunile primară (sus) și secundară. Față de cazul cînd terțiarul este decuplat (osc. 37, 38, 39), se observă că în tensiune slăbește armonica 3 și crește armonica 5. Aceleași concluzii sînt valabile și pentru curenți care au aceleași forme ca și tensiunile respective.

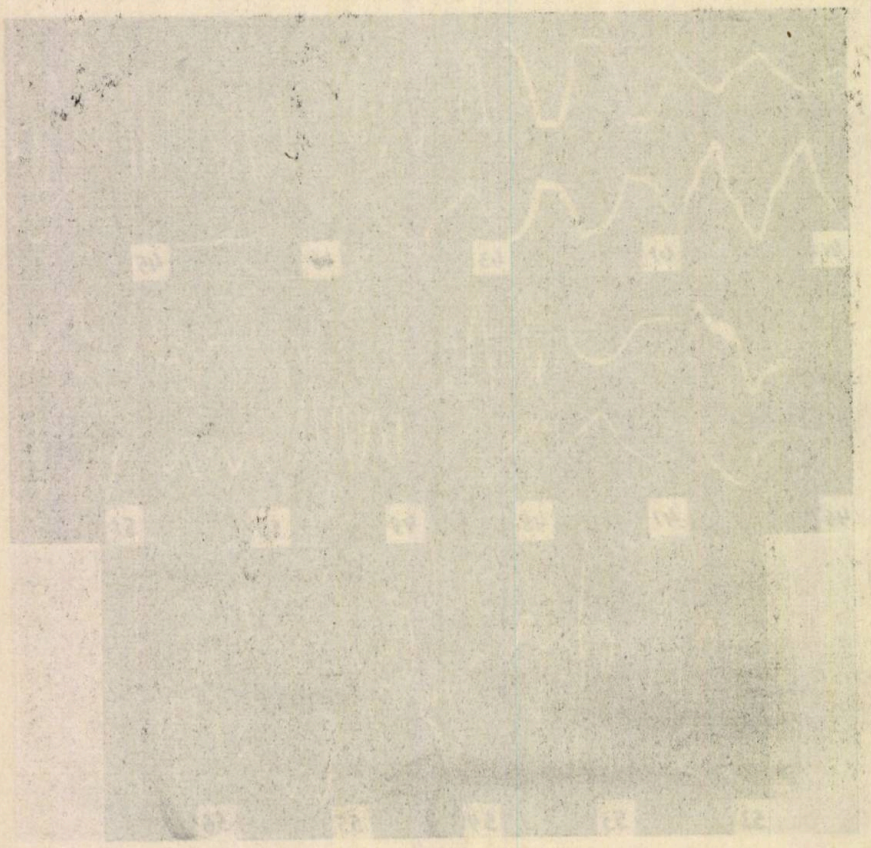
Osc. 43 reprezintă tensiunea între nuluri în primar U_{10} (sus) și tensiunea între nuluri în secundar U_{20}, cînd ambele nuluri și terțiarul sînt decuplate. Osc. 44 reprezintă în aceleași condiții tensiunea U_{10} (sus) și tensiunea la bornele înfășurării terțiare U_3. Tensiunea U_{10} are cam aceeași formă ca în încărcarea simetrică [1] în aceleași condiții de funcționare, dar conține și o componentă de frecvență fundamentală. Aceasta provine din cauza componentei homopolare a fluxului principal care apare în cazul încărcărilor nesimetrice. U_{20} este mult mai mare decît în funcționarea echilibrată, ajungînd la același ordin de mărime cu tensiunile stelate secundare. Forma tensiunii U_{20} este identică cu forma tensiunii stelate pe faza întreruptă și se compune din fundamentală și o puternică armonică 3. Tensiunea U_3 conține armonica 3 și o slabă undă fundamentală.

Osc. 45 reprezintă curentul pe nul în secundar I_{20} (jos) și tensiunea pe nul în primar U_{10} cu terțiarul și nulul primar decuplate, iar nulul secundar era cuplat. Osc. 46 reprezintă în aceleași condițiuni curentul I_{20} (jos) și tensiunea U_3 la bornele terțiarului. Față de cazul cînd nulul secundar este decuplat (osc. 43) se observă întărirea atît a undei fundamentale cît și a armonicelor de ordin superior în tensiunea U_{10}. Curentul I_{20} seamănă cu curba tensiunii U_{20} din cazul cînd neutrul secundar este necuplat (osc. 43), însă armonica 3 este mai slabă. Tensiunea U_3 crește, atunci cînd se cuplează nulul secundar. Pe fundamentală se observă că în afară de armonica 3 mai apare o armonică de ordin superior (de dantură), accentuată probabil dintr-un fenomen de rezonanță.

Osc. 47 reprezintă I_{20} (jos) și I_3 cu nulul primar decuplat iar terțiarul și nulul secundar cuplate. In curentul pe neutrul secundar I_{20} se accen-



PLANŞA III (osc. 41—56).



tuiază în mică măsură armonica de ordin 3. Curentul din terțiar conține o puternică fundamentală și o slabă armonică 3.

Osc. 48 reprezintă în aceleași condiții cu osc. 47, curentul I_{20} (jos) și tensiunea U_{10}. Tensiunea U_{10} are aceeași formă ca în cazul cînd terțiarul este decuplat (osc. 45), însă a scăzut în valoare din cauza amortizării pe care o exercită terțiarul asupra fluxurilor homopolare.

Osc. 49 reprezintă curentul pe nulul primar I_{10} și tensiunea între nulurile secundare U_{20} (sus) cînd nulul primar este cuplat iar nulul secundar și terțiarul sînt decuplate.

Osc. 50 reprezintă U_{20} și U_3 în aceleași condiții. Față de cazul cînd nulul primar este decuplat (osc. 43) se constată întărirea armonicei de ordin 3 în tensiunea U_{20} și creșterea valorii acestei tensiuni. Curentul I_{10} conține armonica 3 și un termen fundamental mic. In comparație cu încărcarea simetrică, curentul I_{10} scade în valoare. Față de cazul cînd nulul primar este decuplat (osc. 44), în U_3 apar armonici de ordin 3 și multiplu de 3.

Osc. 51 redă curentul I_{10} și tensiunea U_{20} (sus) cînd sînt cuplate nulul primar și terțiarul, iar nulul secundar decuplat. Osc. 52 reprezintă în aceleași condiții curentul I_{30} și tensiunea U_{20} (sus). Cuplarea terțiarului întărește armonica 5 în curba tensiunii U_{20}. Curentul I_{10} crește, dar forma curbei nu se schimbă. In curba curentului I_3 se constată prezența fundamentalei și a unei armonice 3 foarte puternice. Față de curba tensiunii U_3 din terțiar (osc. 50), se constată întărirea fundamentalei în comparație cu armonica 3 a curentului I_3 din terțiar (osc. 52). Aceasta se explică prin aceea că reactanța inductivă întîmpinată de fundamentală este de 3 ori mai mică decît cea întîmpinată de armonica 3.

Osc. 53 reprezintă tensiunea U_3 și curentul I_{10} (curba mare) cu ambele nuluri cuplate și terțiarul decuplat. Osc. 54 reprezintă tensiunea U_3 și curentul I_{20} (curba mare) în aceleași condiții. Prin cuplarea nulului secundar curentul I_{10} a crescut aproape de două ori, forma curbei rămînînd aproximativ aceeași: conține o puternică fundamentală și o puternică armonică 3.

Forma curbei curentului I_{20} seamănă cu curba tensiunii U_{20} din cazul cînd nulul secundar nu era cuplat (osc. 50). Ea conține o puternică fundamentală și o armonică 3, al cărei maxim este decalat față de maximul fundamentalei. In U_3 apare și fundamentala în afară de armonicele 3 și multiplu de 3 care existau și în cazul cînd nulul secundar era decuplat (osc. 50). In comparație cu încărcarea simetrică [1], se constată în tensiunea U_3 din terțiar apariția unei componente de frecvență fundamentală și o întărire a armonicelor multiplu de 3.

Osc. 55 reprezintă curentul I_3 din terțiar și curentul I_{20} (curba mare) cînd ambele nuluri și terțiarul sînt cuplate. Osc. 56 reprezintă în aceleași condiții curentul I_3 și curentul I_{10}. Curba curentului I_3 și curba tensiunii U_3 (osc. 53) se aseamănă între ele cu singura deosebire că armonicele de ordin superior lui 3 sînt mult atenuate în curba curentului I_3. Prin cuplarea terțiarului curentul I_{10} crește în valoare însă nu-și schimbă forma. Curentul I_{20} își păstrează valoarea față de cazul cînd terțiarul era necuplat (osc. 54). In curba curentului I_{20} slăbește armonica 3, cum este și normal, în schimb pare mai evidentă armonica 5.

4. *Concluzii*

a. In partea teoretică se analizează condiţiile în care în fluxul transformatorului, apare o componentă homopolară de frecvenţă fundamentală, în afară de componenta de armonică 3.

b. Se dă un calcul al amortizării pe care o exercită înfăşurarea terţiară asupra componentei homopolare de frecvenţă fundamentală;

c. Se dau indicaţii pentru calculul înfăşurării terţiare în cazul transformatoarelor care funcţionează la încărcare nesimetrică;

d. Se verifică experimental prin oscilogramele luate, în diverse condiţii de funcţionare la încărcare dezechilibrată, apariţia componentei homopolare şi efectul de amortizare al înfăşurării terţiare;

e. Experimental se constată că în absenţa neutrului primar, cuplarea terţiarului nu influenţează forma curbelor de tensiune;

f. Cînd neutrul primar este cuplat, pe faza din primar, corespunzătoare întreruperii circulă numai curentul de armonică 3.

g. Se constată că la montajul cu neutru la primar, prin cuplarea terţiarului, în afară de armonica 3 apare şi armonica 5 în tensiune.

h. Prin cuplarea neutrului primar se accentuiază armonica de ordin 3 din tensiuni.

i. Concluziile referitoare la armonica 3, obţinute experimental la funcţionarea cu încărcare simetrică, se verifică şi din oscilogramele obţinute la funcţionarea cu încărcare nesimetrică.

Catedra de Maşini Electrice

BIBLIOGRAFIE

1. Corlăţeanu V., Şerban Gh. şi Vasilciuc M. „Contribuţiuni la studiul armonicei 3 la transformatorii trifazaţi cu fluxuri forţate şi montaj Yy în funcţionarea simetrică"; lucrare prezentată în şedinţa din 10 XI 1954 a Academiei R.P.R. filiala Iaşi şi comunicată la sesiunea ştiinţifică a Filialei Academiei R.P.R. din Cluj din 19-22 XII 1954.

ГАРМОНИКИ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА В ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ, ВЫНУЖДЕННОГО МАГНИТНОГО ПОТОКА, СВЯЗИ Yy, ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ

(Краткое содержание)

Статья представляет вторую часть обширного исследования того же коллектива, о гармониках трехфазных трансформаторов связи Yy.

В статье исследуются гармоннки трансформаторов связи Yy при асимметричной нагрузке. Авторы приходят к следующим выводам:

а) В теоретической части анализируются условия при которых магнитный поток трансформатора кроме третьей гармоники содержит ещё гомополярную составляющую основной частоты;

б) дается расчёт степени затухания гомополярной составляющей основной частоты, при помощи третичной обмотки;

в) Даются указания для расчёта третичной обмотки трансформаторов работающих при асимметричной нагрузке;

г) Проверяется опытным путём, при помощи осциллограм снятых в

различных условиях асимметричной нагрузки, появление гомополярной составляющей и затухающее действие третичной обмотки ;

д) Устанавливается, опытным путём, что при отсутствии первичной нейтрали, включеоие третичной обмотки не влияет на форму кривых напряжения ;

е) Когда включена первичная нейтраль, в первичной фазе соответствующей перерыву проходит только третья гармоника тока ;

ж) Устанавливается что при включении третичной обмотки к монтажу с первичным нейтралем, в кривых напряжения появляется не только третья, но и пятая гармоника ;

з) При включении первичной нейтрали, третья гармоника напряжения растёт.

Выводы о третьей гармонике напряжений, полученные в экспериментальном исследовании работы при симметричной нагрузке, имеют силу также в работе при асимметричной нагрузке.

LES HARMONIQUES D'ORDRE SUPÉRIEUR DES TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS A FLUX FORCÉ, AUX CONNEXIONS Yy, QUAND LA CHARGE EST ASYMÉTRIQUE

(R é s u m é)

Cet article est la continuation d'une étude du même collectif, concernant les harmoniques des transformateurs triphasés aux connexions Yy. Ler Auteurs, en étudiant les harmoniques des transformateurs aux connexions Yy quand la charge est asymétrique, marquent les sousdivisions et les conclusions de l'article comme suit :

a. Dans la partie théorique on analyse les conditions dans lesquelles le flux du transformateur contienne outre de l'harmonique 3, une composante homopolaire de fréquence fondamentale.

b. On calcule le degré d'amortissement qu'exerce l'enroulemenent tertiaire sur la composante homopolaire de fréquence fondamentale.

c. On donne des indications pour le calcul de l'enroulement tertiaire des transformateurs qui fonctionnnent à la charge asymétrique.

d. On vérifie expérimentalement, par les oscillogrammes relevées dans des diverses conditions de fonctionnement à la charge déséquilibrée, l'apparition de la composante homopolaire et l'effet amortisseur de l'enroulement tertiaire.

e. On constate expérimentalement qu'en l'absence du neutre primaire le couplage du tertiaire n'influence pas la forme des courbes de tension.

f. Quand le neutre primaire est couplé, la phase du primaire correspondante á l'interruption est parcourue exclusivement par un courant d'harmonique 3.

g. On constate qu'au montage à neutre primaire, le couplage du tertiaire fait paraître dans les courbes de tension non seulement l'harmonique 3, mais aussi l'harmonique 5.

h. Au couplage du neutre primaire, l'harmonique 3 des tension s'accentue.

i. Les conclusions relatives à l'harmonique 3 des tensions, obtenues dans l'étude expérimentale du fonctionnement à la charge symétrique sont aussi valables pour le fonctionnement à la charge asymetrique.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

STUDIUL COMPORTĂRII MOTORULUI ASINCRON IN SCURT CIRCUIT ALIMENTAT DE LA UN GENERATOR ASINCRON

DE

N. V. BOŢAN, I. FILIPIUC, AL. POEATĂ şi I. BEJAN

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

1. Folosirea generatorului sincron trifazat obişnuit în electrificările rurale, în centralele mobile şi în alte centrale mici, pînă la aproximativ 20 kVA, prezintă o serie de dezavantaje. Astfel se ştie că la generatoarele sincrone mici puterea excitatricii de curent continuu este de aproximativ 2—7% din acea a generatorului sincron, reprezentînd deci o creştere importantă a costului întregii instalaţii. In afară de aceasta statisticile referitoare la defectele agregatelor de curent alternativ de putere mică şi mijlocie cu excitatrice, arată că 83% din totalul acestor defecte se datoresc excitatricii şi numai 17% generatorului [1].

Aceste împrejurări au dus la necesitatea de a se construi o serie de generatoare de curent alternativ de putere mică care pot înlocui construcţia obişnuită de generatoare sincrone cu excitatrice de curent continuu, cum ar fi: maşini sincrone cu magneţi permanenţi, maşini sincrone cu excitaţie de la redresori uscaţi, maşini sincrone cu redresori mecanici, maşini de curent dublu [2], generatoare asincrone, etc. Dintre aceste maşini generatorul asincron oferă o serie de avantaje, cum ar fi: robusteţe, simplitate în construcţie, preţ de cost redus, precum şi o largă răspîndire. Aceste avantaje au dus la ideea folosirii maşinii asincrone ca generator în electrificările rurale şi alte electrificări mici.

Dată fiind tendinţa din ce în ce mai accentuată de a alimenta sarcini de forţă de la generatoarele de mică putere, în cele ce urmează ne-am propus să studiem funcţionarea motoarelor asincrone în scurt-circuit alimentate de la generatoarele asincrone autonome excitate cu condensatoare. Studiul s-a făcut asupra motoarelor în scurt-circuit de construcţie indigenă (Electroprecizia, seria 0,6—4,5 kw), utilizate în mod curent în acţionările electrice rurale.

Proprietăţile speciale ale generatorului asincron, vor impune motoarelor asincrone alimentate de la asemenea generatoare condiţii particulare de funcţionare. Dintre aceste proprietăţi speciale, un rol important asupra funcţionării motorului îl au [3]:

a. Variațiile mari de tensiune cu sarcina la pornirea motorului;
b. Sistemul de excitare al mașinii (prin condensatoare);
c. Posibilitatea dezamorsării rapide a generatorului la încărcări bruște și scurt—circuite și dificultățile de reamorsare a generatorului;
d. Condițiile dificile de reglaj ale generatorului.

2. Pentru studiul experimental s-a folosit ca generator asincron o mașină asincronă cu următoarele caracteristici: Tip TNSA 62/4; 14 kw; 380 volți (triunghi); 1464 rot/min; $\cos\varphi = 0{,}88$; 27,5 amp; de fabricație Electromotor, acționat de un motor de curent continuu.

Pentru excitarea generatorului s-au folosit condensatoare izolate cu hîrtie, însumînd o capacitate totală de 432 μ F, dintre care 144 condensatoare a cîte un microfarad, fapt care a permis un reglaj fin.

Montajul care a folosit pentru ridicarea datelor experimentale a fost realizat după schema de principiu din fig. 1, iar detaliile de racordare a aparatelor rezultă din schema din fig. 2.

Pentru realizarea condițiilor de pornire în sarcină și de funcționare în sarcină, motoarele au fost cuplate cu un generator de curent continuu debitînd pe o rezistență reglabilă, sau au fost puse să acționeze un mecanism de ridicare prin intermediul unui reductor de viteză.

Comportarea motoarelor a fost studiată sub aspectul condițiilor de pornire și funcționare în gol, respectiv de pornire și funcționare în sarcină. Totodată s-a studiat și influența pornirilor asupra motoarelor în funcțiune, alimentate de la același generator asincron.

Menționăm că studiul s-a făcut numai pentru cazul cuplării condensatoarelor la bornele generatorului, motoarele fiind cuplate direct fără a se recurge la artificii de pornire.

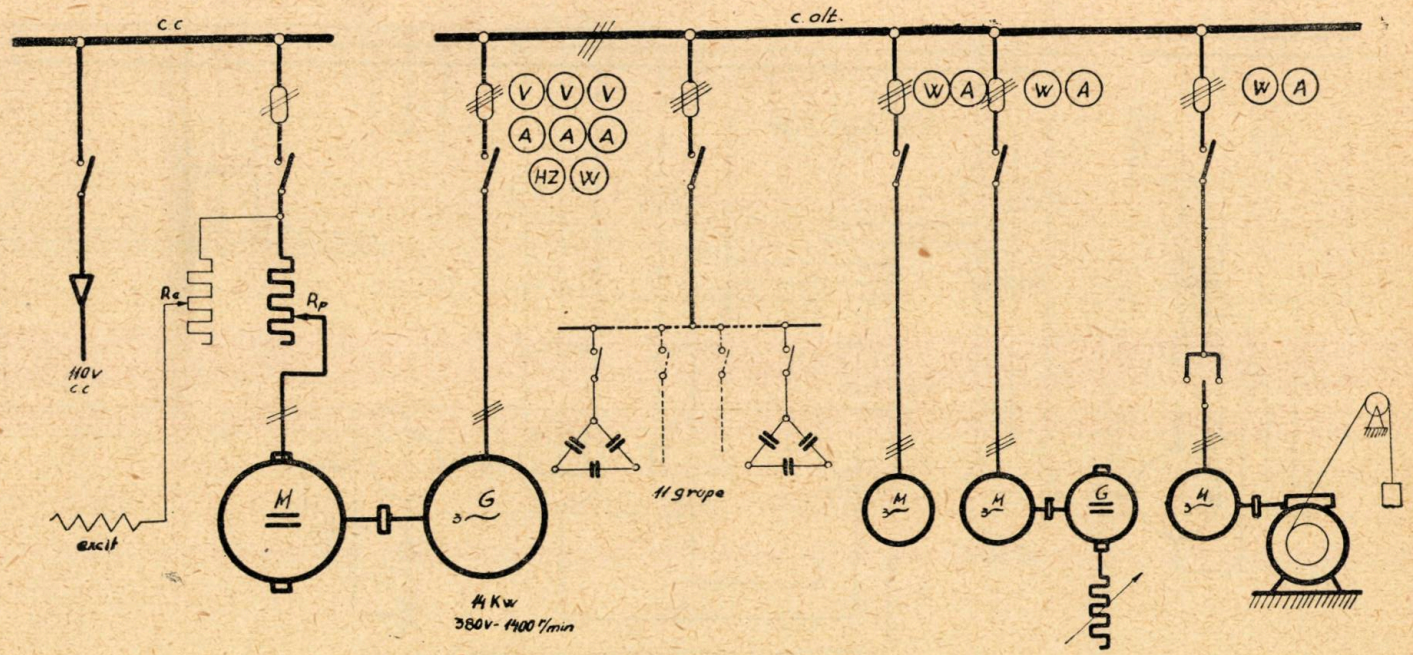
3. Din expresia caracteristicii mecanice a unui motor asincron trifazat, rezultă că cuplul său de pornire este [4]:

$$M_p = f\left(\frac{U^2}{f^3}\right)$$

în care: M_p este cuplul de pornire al motorului,
U este tensiunea de alimentare a statorului motorului,
f este frecvența rețelei de alimentare.

Această relație permite să se obțină (fig. 3) variația cuplului de pornire în raport cu cuplul nominal de pornire M_p/M_{pn} (M_{pn} fiind determinat pentru $U_n = 380$ volți și $f_n = 50$Hz), în funcție de variația procentuală a tensiunii de alimentare și a frecvenței. De exemplu: se observă că la o descreștere a frecvenței de la 100% (50Hz) pînă la 90% (45 Hz), raportul M_p/M_{pn} crește de la 100% pînă la 136%. De asemenea se observă că la o descreștere a tensiunii de la 100% (380 V) pînă la 90% (342 V) și raportul M_p/M_{pn} descrește de la 100% la 81%. Se constată deci că scăderea frecvenței cu 10%, chiar dacă este însoțită de o scădere concomitentă a tensiunii tot de 10%, duce la o creștere a cuplului de pornire de 27%.

După cum se observă din tabelul 1 de date experimentale pentru motorul de 1,7 kw și 1420 rot/min, pe baza căruia s-au trasat curbele din fig. 4, la pornire se înregistrează căderi mai importante de tensiu-


c.c
c. alt.
V V V
A A A
HZ W
W A
W A
W A
Rc
Rp
110v
c.c
excit
M
G
3~
14 Kw
380v- 1400 r/min
11 grupe
M
3~
M
3~
G
M
3~

Fgi. 1.

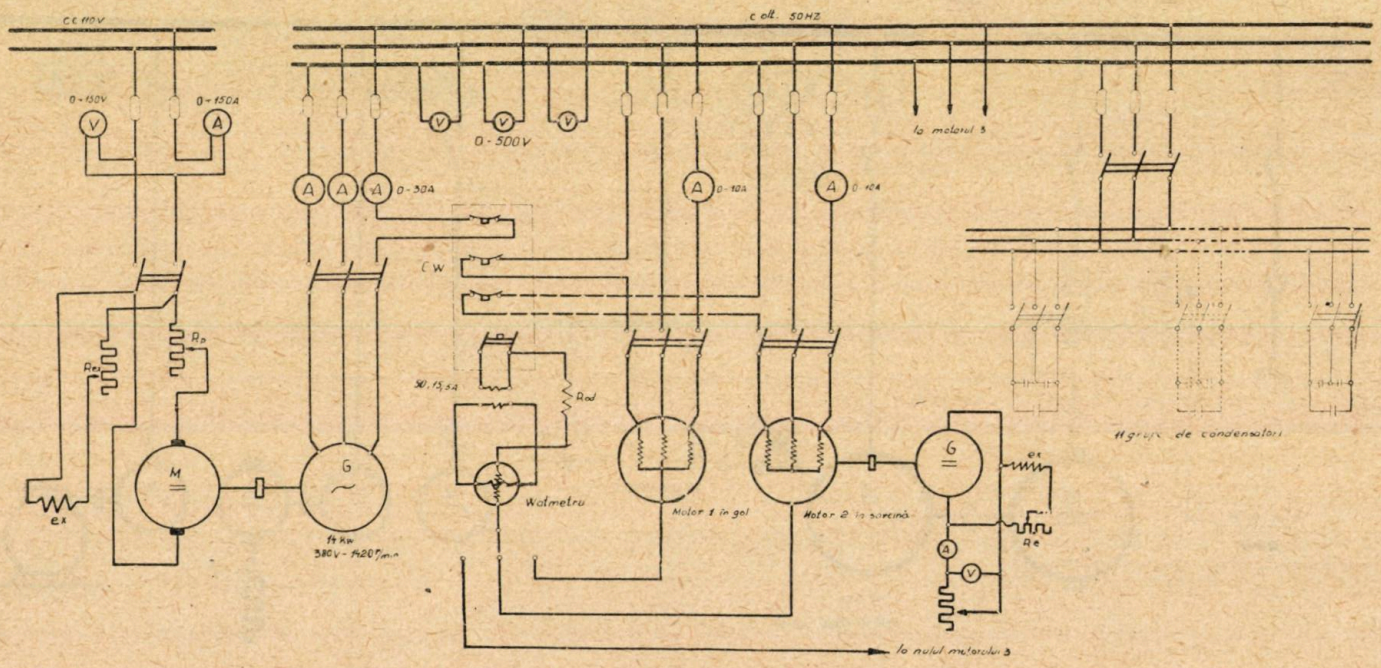

CC 110V
c.alt. 50HZ
0-150V
0-150A
0-500V
0-30A
0-10A
0-10A
la motorul 3
CW
Rp
Rex
ex
M
G
14 Kw
380V - 1420 r/min
50, 15,5A
Rad
Watmetru
Motor 1 in gol
Motor 2 in sarcină
G
ex
Re
la nulul motorului 3
11 grupe de condensatori

Fig. 2.

ne pentru frecvenţele mai ridicate. Din examinarea acestor curbe se mai observă că şi căderile procentuale de tensiune pentru aceeaşi frecvenţă şi un acelaşi motor, sînt mai mari atunci cînd tensiunea iniţială la pornirea motorului este mai scăzută.

Rezultă că este mai avantajos ca la pornire să se folosească frecvenţe mai scăzute, care pe de-o parte duc la creşterea cuplului de pornire, iar pe de altă parte limitează căderile de

Tabelul 1

$f = 40$			$f = 45$			$f = 50$			$f = 55$		
U_o	U_p	U_r	U_o	U_p	U_r	U_o	U_p	U_r	U_o	U_p	U_r
400	130	345	405	360	390	410	290	390	400	130	343
380	0	320	375	300	355	380	200	340	380	0	320
365	0	0	355	250	325	335	30	255	365	0	0
			305	110	230	300	0	0			
			280	0	150						

U_o — tensiunea iniţială la generator;
U_p — tensiunea minimă din timpul procesului de pornire;
U_r — tensiunea de regim (după terminarea procesului de pornire).

tensiune în momentul pornirii, ceea ce după cum s-a văzut duce la limitarea efectului negativ al acestor căderi de tensiune asupra cuplului

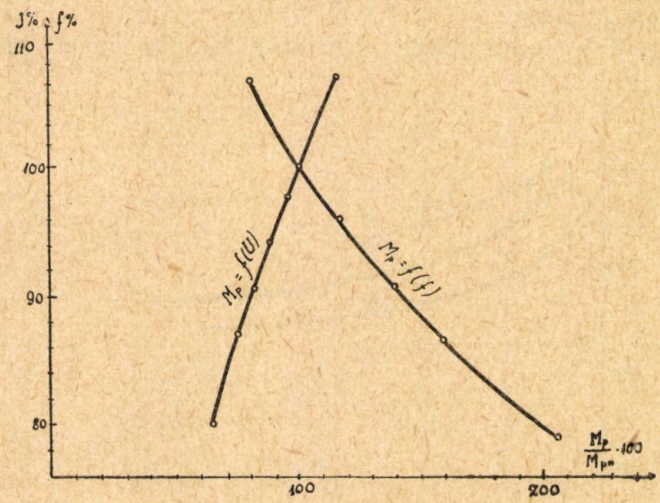


Fig. 3.

de pornire. Mai rezultă de asemenea că pentru frecvenţe mai reduse pornirea motorului este posibilă chiar cînd tensiunea generatorului este sub cea nominală. De exemplu, din fig. 4 rezultă că pentru tensiunea iniţială de 380 volţi la o frecvenţă de 55 Hz, căderea de tensiune la pornire este de 90% (deci o situaţie apropiată de dezamorsarea gene-

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRA 1848

ratorului) în timp ce pentru o frecvență de 40 Hz, chiar la o tensiune inițială de 300 volți căderea de tensiune la pornire este de numai 30%.

Concluzii asemănătoare se pot trage și în legătură cu tensiunea

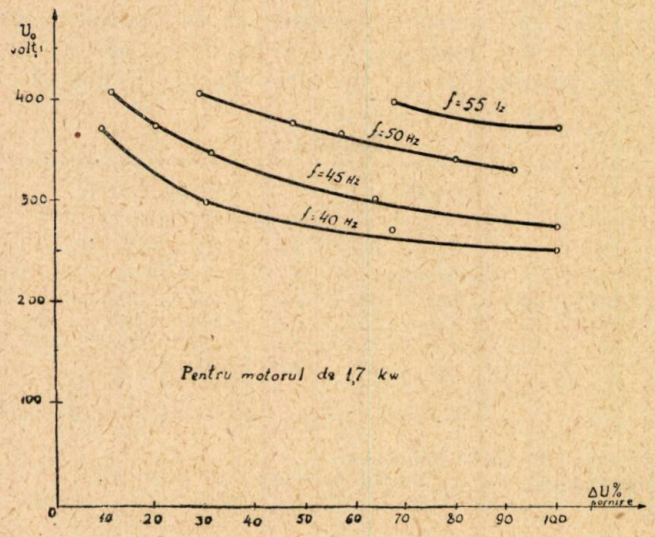


Fig. 4.

de regim examinînd curbele din fig. 5, trasate pe baza valorilor numerice din același tabel.

Din fig. 6 se poate stabili tensiunea minimă de la care se poate

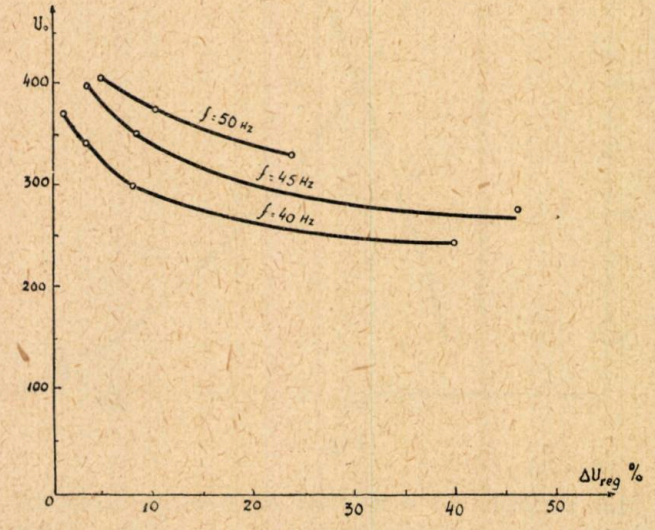


Fig. 5.

realiza pornirea în gol a motoarelor pentru diferite frecvențe. Se constată, de exemplu, pentru motorul de 1 kw (2900 rot/min) că pentru

a putea fi pornit la frecvenţa de 55 Hz, pornirea este posibilă pentru o tensiune iniţială de aproximativ 440 volţi, în timp ce pentru frecvenţa de 40 Hz, pornirea este posibilă chiar pentru o tensiune iniţială de

Tabelul 2

Nr. crt.	P_{nm} Kw	n rot/min	$\frac{P_{nm}}{P_{ng}}$ %	M_p Kgm	f Hz	U_0 V	$\frac{U_p}{U_0}$ %	$\frac{U_r}{U_0}$ %	Observaţiuni
A. Pornire în gol									
1	0,6	1460	4,3	0,193	50	400	89	95	Porneşte
					45	400	92,5	98,8	Porneşte
2	1	2880	7,2	0,369	50	400	35	95	Porneşte
					45	400	80	99	Porneşte
3	1,7	1420	12,2	1,120	50	400	65	94	Porneşte
					45	400	87,6	96	Porneşte
4	1,7	2800	12,2	0,443	50	400	0	0	Nu porneşte (dezamors. gen.)
					45	400	0	0	Porneşte numai prin cuplări repetate
5	2,8	1426	20,0	1,530	50	400	0	87,6	Porneşte (tendinţă de dezamors. a generatorului).
					45	400	77,6	94	Porneşte
6	2,8	2890	20,0		50	400	0	0	Nu porneşte (dezamorsează generatorul)
					45	400	0	0	Porneşte numai prin cuplări repetate
7	4,5	1420	32,0	1,93	50	400	0	0	Nu porneşte (dezamors. gen.)
					45	400	0	0	Nu porneşte
B. Pornire în sarcină									
8	1,7	1420	12,2	1,120	50	400	50	87,6	Porneşte
					47	400	67,5	91,4	Porneşte
					46	400	75	92,5	Porneşte
9	2,8	1426	20,0	1,530	50	400	0	0	Nu porneşte (dezamors. gen.)
					47,5	395	30,4	87,3	Porneşte
					45	395	63,3	90	Porneşte

aproximativ 290 volţi. De aici rezultă şi mai clar avantajul pornirii motoarelor la frecvenţe scăzute.

Ţinînd seamă de acest lucru, s-au făcut o serie de încercări la

pornire în gol și în sarcină, care sînt concretizate prin datele experimentale din tabelul 2, respectiv în fig. 7. In tabelul 2 sînt puse în evi-

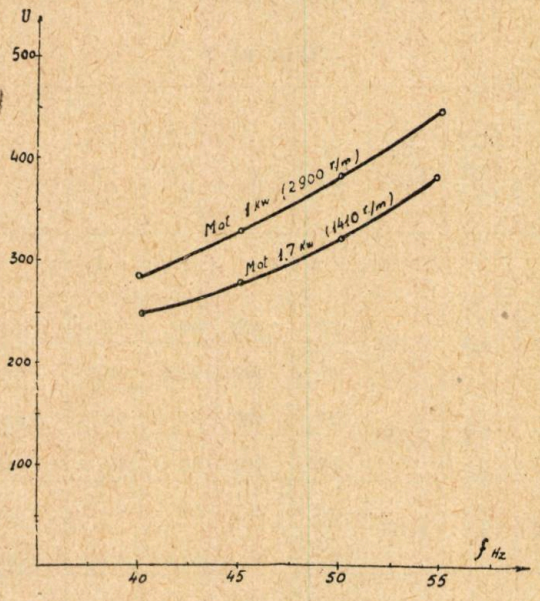


Fig. 6.

dență variațiile de tensiune la pornire și în regim stabilizat, pentru seria de motoare cercetată, la frecvența de 50 Hz și 45 Hz. Se constată

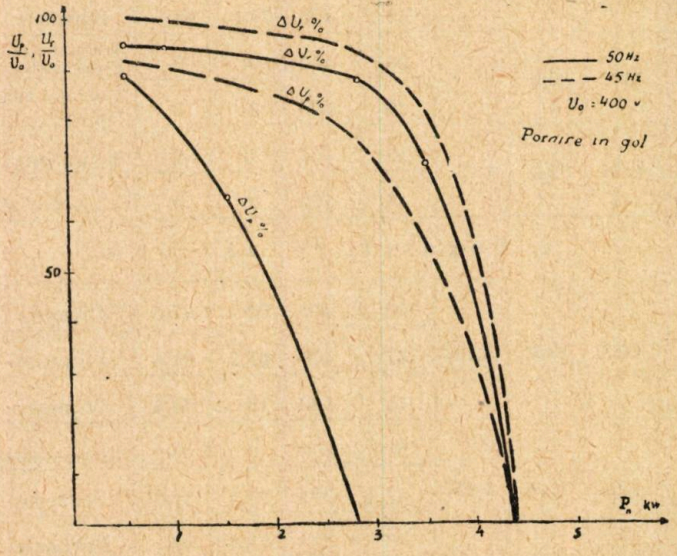


Fig. 7.

că în cazul pornirii în gol la frecvența de 50 Hz aceasta este posibilă pentru motoare pînă la 1,7 kw, cu o scădere a tensiunii în mo-

mentul pornirii pînă la 65% din tensiunea inițială, iar pentru motorul de 2,8 kw cu scăderea tensiunii pînă la 0, însoțită de o dezamorsare momentană a generatorului. In cazul frecvenței de 45 Hz, scăderea de tensiune la pornire este mult mai mică și anume: scade pînă la 87,6% pentru motorul de 1,7 kw, iar pentru motorul de 2,8 kw pînă la 77,5% din tensiunea nominală, motorul pornind în condițiuni normale.

Pornirea în sarcină, la frecvența de 50 Hz, este posibilă pentru motorul de 1,7 kw, cu o scădere a tensiunii la pornire pînă la 50%, iar pentru motorul de 2,8 kw pornirea nu este posibilă. La frecvența de 45 Hz, pornirea este posibilă chiar și pentru motorul de 2,8 kw, cu o scădere a tensiunii la pornire pînă la 63,3% din cea inițială.

Rezultă deci că pentru tensiunea și frecvența nominală (380 V și 50 Hz) nu se recomandă pornirea motoarelor (chiar în gol) de putere mai mare ca 10% din puterea nominală a generatorului, așa cum se cunoaște de altfel și din literatură [5]. Dacă se reduce frecvența de alimentare, atunci se observă că limita de putere a motoarelor, care pot fi pornite, poate fi ridicată pînă la 20%, chiar cu motoare pornite în sarcină.

Pornirea în sarcină s-a făcut prin ridicarea unei greutăți care să asigure încărcarea nominală a motorului chiar din momentul pornirii.

Faptul că motorul de 1,7 kw și 1420 rot/min pornește în condițiunile arătate, iar motorul de 1,7 kw și 2800 rot/min nu pornește nici la o frecvență mai scăzută, se explică prin aceea că primul are un cuplu la pornire $M_p = 1{,}12$ kgm în timp ce al doilea are un cuplu $M_p = 0{,}443$ kgm. Aceeași constatare este valabilă și pentru motorul de 2,8 kw. Prin urmare recomandarea cunoscută cu privire la limitarea la 10% a puterii motorului ce poate fi pornit de la un generator asincron nu este suficientă întrucît trebuie să țină seamă și de cuplul de pornire al motorului. De altfel din tabelul 2 rezultă că motorul de 1 kw prezintă condiții mai favorabile la pornire decît cel de 1,7 kw și 1420 rot/min întrucît cuplul său de pornire este mai redus, deși momentul său de volant (GD^2) este și el mai redus.

Tot din tabelul 2, se observă că la frecvența redusă de 45 Hz se constată o ameliorare sensibilă a tensiunii în momentul pornirii (U_p) și a tensiunii de regim (U_r) prin micșorarea căderilor de tensiune respective. Acest lucru este ilustrat de altfel și în figurile 4 și 5.

Din cele de mai sus rezultă că utilizarea frecvențelor scăzute în condițiile speciale pe care le prezintă generatorul asincron oferă o serie de avantaje în special la pornirea motoarelor. Trebuie să mai menționăm că, în cazul pornirii unui motor alimentat de la un generator asincron, care mai alimentează în același timp și alte motoare în funcțiune, acesta provoacă în mod curent căderi de tensiune la pornire, care pot duce la perturbații în funcționarea celorlalte mașini și uneori chiar la oprirea lor, sau la dezamorsarea generatorului. In cazul funcționării la o frecvență scăzută aceste perturbații sînt ameliorate datorită faptului că restabilirea tensiunilor după pornire se face într-un timp mult mai scurt, fapt care rezultă din tabelul 3 și fig. 8. In acest tabel sînt indicate valorile timpului de amorsare (t_p) a generatorului în funcție de frecvență, cuplarea motorului la generator făcîndu-se concomitent cu condensatoarele de excitație.

Scăderea frecvenței prezintă însă dezavantajul că duce la creșterea curentului de excitație al generatorului asincron, furnizat de condensatoare și deci la necesitatea sporirii valorii condensatoarelor. Astfel în fig. 9 (ta-

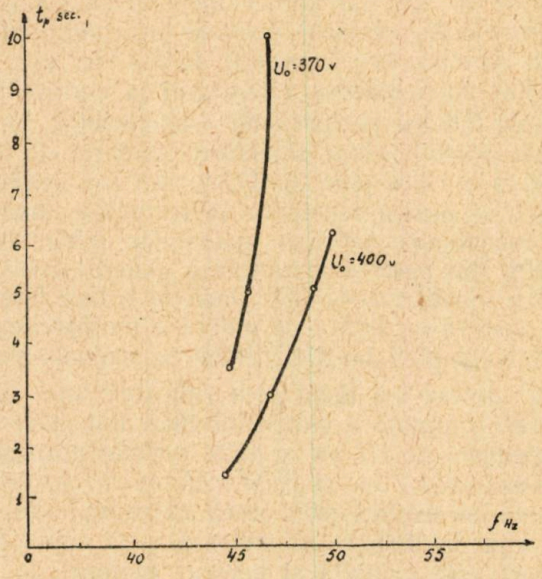


Fig. 8.

belul 4) se observă că pentru a obține la bornele generatorului asincron o tensiune de 380 volți la frecvența de 50 Hz este necesar un curent de excitație de aproximativ 12,5 A, în timp ce pentru frecvența de 45 Hz este

Tabelul 3

U_0 = 400 volți							U_0 = 360 volți				
f_{Hz}	50	49	48	47	46	45	f_{Hz}	48	47	46	45
t_p sec	6	5	4	3	2	1,5	t_p sec		10	5	3,5

Tabelul 4

f=40Hz		f=45Hz		f=50Hz		f=55Hz	
i_0 Amp	U_0 V	i_0 Amp	U_0 V	i_0 Amp	U_0 V	i_0 Amp	U_0 V
6,5	250	5	260	6	300	—	—
7,5	275	6	280	7,5	335	7,4	365
10,5	305	7,5	306	11	380	7,8	380
16,5	345	16	375	13,5	410	9,5	400
23,5	375	22	405	—	—	—	—

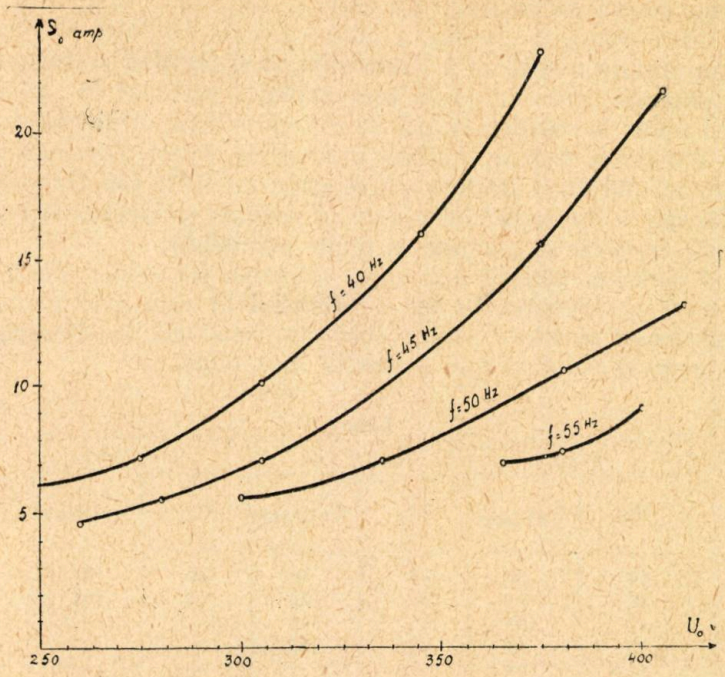

S_0 amp
20
15
10
5
f = 40 Hz
f = 45 Hz
f = 50 Hz
f = 55 Hz
U_0 v
250
300
350
400

Fig. 9.

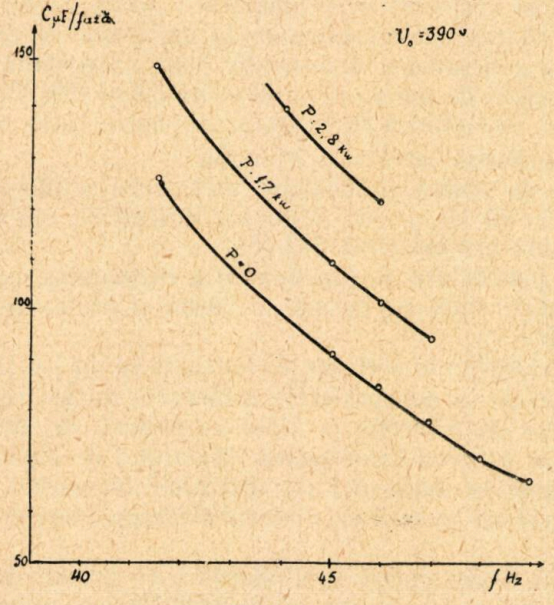

$C_{\mu F}$/fázis
U_0 = 390 v
150
100
50
P = 2,8 kW
P = 1,7 kW
P = 0
40
45
f Hz

Fig. 10.

necesar un curent de excitație de 18,5 A. Deci la o scădere a frecvenței de 10% corespunde o creștere a curentului de excitație de aproximativ 48%. Prin urmare o scădere a frecvenței va determina o creștere a curentului de excitație, care va tinde spre curentul nominal al generatorului, blocîndu-l chiar la mersul în gol cu curent reactiv. Datorită acestui fapt scăderea frecvenței trebuie limitată la anumite valori. Din considerațiunile anterioare rezultă că o scădere a frecvenței cu 10% (45 Hz) oferă condiții satisfăcătoare din punct de vedere al pornirii și funcționării și totodată curentul de excitație se menține în limite admisibile.

După cum s-a amintit mai sus, scăderea frecvenței implică mărirea valorii condensatoarelor. In fig. 10 (tabelul 5) este dată variația valorii condensatoarelor necesare pentru obținerea tensiunii de 390 volți în funcționarea generatorului în gol, respectiv în sarcină.

Tabel 5

$P=0$		$P=1,7$ kw		$P=2,8$ kw	
fHz	Cμf/fază	fHz	Cμf/fază	fHz	Cμf/fază
49	69	47	96	46	125
48	72	46	103	44	141
47	80	45	112	—	—
45	93	42,5	150	—	—
41,5	128	—	—	—	—

Referindu-ne la seria de motoare studiate, în tabelul 6, s-a indicat pe bază de calcul și verificări experimentale valorile condensatoarelor necesare pentru excitarea acestor motoare la tensiunea de 380 volți în cazul utilizării lor ca generatoare, comparativ pentru frecvența de 50 Hz și 45 Hz și pentru factori de putere ai sarcinii de 0,8 și 0,9. Valorile indicate în tabel reprezintă capacitatea în microfarazi pentru toate trei fazele și pentru montajul condensatoarelor în triunghi.

Din punct de vedere al încălzirii motoarelor studiate funcționînd la frecvențe de 45—50 Hz, nu se întîmpină dificultăți, așa cum de altfel rezultă și din literatura existentă [4], [6].

Condițiile particulare de funcționare a motoarelor, ce rezultă din studiul experimental expus, ne permit să facem și următoarele considerațiuni de ordin practic:

a. Datorită căderilor importante de tensiune ce au loc la pornirea motoarelor alimentate de la generatoarele asincrone, nu se recomandă folosirea întrerupătoarelor de protecție de tipul cu bobină de tensiune nulă, întrucît acestea ar provoca întreruperea circuitului de alimentare al motoarelor în funcțiune în momentul pornirii altor motoare. Protecția acestor motoare urmează să se facă cu ajutorul întrerupătoarelor automate cu acțiune directă.

b. In cazul dezamorsării generatorului, ca urmare a unei porniri nereușite sau a unui scurt-circuit, există posibilitatea ambalării mașinii primare. Dacă motoarele cuplate la generator ar fi decuplate automat, atunci din cauza ambalării, generatorul se poate remorsa, iar tensiunea ce ar lua

naştere poate deveni periculoasă. Protecţia amintită înlătură şi această posibilitate.

c. Motoarele cu cuplu de pornire redus, 1,7 kw şi 2,8 kw de 2800 rot/min au putut fi pornite prin 2—3 cuplări succesive la intervale scurte fără a se ajunge la scăderi mari de tensiune. Aceleaşi motoare cuplate în mod obişnuit au dus la dezamorsarea rapidă a generatorului.

d. Din tabelul 6 se observă că valoarea capacităţii specifice (μF/kw)

Tabelul 6

Caracteristicele motoarelor asincrone studiate							Valorile capacităţilor ptr. 3 faze la 380 în μF.					
							f = 50 Hz.			f = 45 Hz.		
P_n.—motor Kw.	P — ca generat. în Kw.	Tipul de motor	Viteza rot/min	η la plină sarcină %	I_{nom}. A	cos φ_u pt. încărc. 100%	In gol	cos φ=0,9	cos φ=0,8	In gol	cos φ=0,8	cos φ=0,9
0,6	0,830	TIS-C 145	1370	72,0	1,5	0,84	12	21	26	17	30	38
	0,835	TIS-C 145	2860	72,0	1,38	0,92	7	17	19	9	24	28
1,0	1,390	TIS-B 182	940	72,0	2,87	0,74	24	43	51	35	62	74
	1,330	TIS-B 182	1420	73,2	2,66	0,76	24	39	47	35	56	68
	1,275	TIS-B 182	2900	78,1	2,17	0,90	12	27	35	17,0	39	50
1,7	2,230	TIS-B 182	1420	75,1	4,07	0,87	30	52	65	43,0	74	93
	2,250	TIS-B 182	2880	75,6	3,85	0,89	26	49	62	36	71	90
2,8	3,450	TIS-A 245	938	81,75	6,85	0,81	56	92	113	83	133	163
	3,430	TIS-B 182	1425	81,80	6,15	0,84	44	85	105	63,8	123	152
	3,400	TIS-B 182	2900	82,5	5,47	0,94	26	64	83	38,0	92	120
4,5	5,400	TIS-A 245	1420	82,7	9,50	0,87	55	124	156	80	179	225
	5,500	TIS-A 245	2880	81,0	9,35	0,91	37	116	149	54,5	167	214
7,0	8,150	TIS-A 245	1420	86,5	14,6	0,86	100	198	244	145	285	351
	8,350	TIS-A 245	2880	84,1	13,85	0,91	66	173	207	94	250	299
14	16	TIS-A62/4	1464	87,5	27,5	0,88	170	363	458	260	525	663

este mult mai mică pentru motoarele asincrone de viteză ridicată. Rezultă deci că în cazul funcţionării ca generator este convenabil din acest punct de vedere să se folosească motoare asincrone de viteză ridicată.

4. *Concluzii.*

A. Pornirea directă a motorului asincron în scurt-circuit alimentat de la un generator asincron prezintă dificultăţi, care constau în

provocarea de căderi mari de tensiune și uneori chiar în dezamorsarea generatorului.

B. Scăderea frecvenței generatorului pînă la aproximativ 45 Hz ameliorează condițiile de pornire și funcționare a motoarelor, permițînd sporirea puterii motoarelor ce pot fi cuplate, pînă la 20% din puterea generatorului.

C. Prin scăderea frecvenței de alimentare, căderile de tensiune în momentul pornirii motorului și în regim normal de funcționare scad sensibil, evitînd perturbațiile în funcționarea motoarelor cuplate anterior.

D. La alegerea motoarelor ce urmează a fi alimentate de la generatoarele asincrone, trebuie să se țină seama ca acestea să dispună de un cuplu la pornire ridicat, chiar la pornirea în gol.

E. Se recomandă ca mecanismele antrenate să fie prevăzute cu dispozitive care să permită pornirea motorului în gol.

F. Scăderea frecvenței atrage după sine necesitatea creșterii valorii capacităților necesare pentru excitarea generatorului, ceea ce duce totodată și la blocarea generatorului cu putere reactivă.

Catedra de Utilizări electrice

BIBLIOGRAFIE

1. Таманцев, С. Г., Синхронный генератор с самовозбуждением от механического выпрямителя с автоматическим регулированием напряжения, Электричество, 1952, No. 3, стр. 3.
2. Бельский И. Г., Электрооборудование лесозаготовительных предприятий, Москва, Гослесбумиздат, 1953.
3. Ivanov A. A. *Generatori asincroni pentru centrale hidroelectrice de mică putere*, Buc. EES, 1952, (litogr.) (trad. din l. rusă).
4. Sîromeatnicov I. A. *Regimurile de funcționare ale motoarelor asincrone*, Buc., Ed. Tehnică, 1952, (trad. din l. rusă)
5. Златковский А. П., Электрооборудование сельских электрических установок, Москва, Сельхозгиз, 1953.
6. Novac I. Comportarea motoarelor asincrone trifazate la trecerea de la 320 V și 42 Hz. la 380 V. și 50 Hz, Rev. Electrotehnica, 1954, Nr. 5-6, p. 194.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ПИТАНИИ ОТ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

(Краткое содержание)

В статье изложено ряд испытаний произведеными авторами в связи с работой асинхонного короткозамкнутого двигателя при его питании от асинхронного генератора, случай часто встречающийся особено в малых сельских электрических установках а иногда и в установках лесной промышленности. Авторы имели в виду лишь асинхронные генераторы возбужденные статическими конденсаторами. Исследования привели к следующим выводам :

1. При прямом пуске короткозамкнутого асихронного двигателя, питаемого от асинхронного генератора имеют место большие падения напряжения, которые ведут иногда к падению возбуждения генератора.

2. При уменьшении частоты генератора до 45 Hz падения напряжения при пуске асинхронного двигателя уменьшаются, оказывая при этом возможность питания двигателей мощностью до 20% от мощности генератора.

3. При питании от асинхронного генератора рекомендуются двигатели владеющие повышеным пусковым моментом, так как они ведут при пуске к меньшим падениям напряжения генератора.

4. Уменьшение частоты генератора влечет за собой надобность повышения значения емкости конденсатора, то что ведет к блокировки генератора реактивной мощности.

ÉTUDE DU COMPORTEMENT DU MOTEUR ASYNCHRONE EN COURT CIRCUIT, ALIMENTÉ PAR UNE GÉNÉRATRICE ASYNCHRONE

(R é s u m é)

Les Auteurs étudient le cas dans lequel la génératrice asynchrone est excitée au moyen des condensateurs statiques. On a aboutit aux conclusions suivantes:

1. Dans le cas du démarrage direct du moteur asynchrone en court-circuit, alimenté par une génératrice asynchrone, on constate l'existence des chutes de tension très importantes, qui dans la plupart des cas provoquent le désamorsage de la génératrice.

2. Si on réduit la fréquence de la génératrice à 45 Hz, les chutes de tension au démarrage du moteur s'amoindrissent, ce qui donne la posibilité d alimenter des moteurs ayant une puisssance de 20% par rapport à la puissance de la génératrice.

3. On récomande l'utilisation des moteurs ayant un couple de démarrage puissant; cette catégorie de moteurs se caractérise par des chutes de tensions moderées, au démarrage.

4. La diminuation de la tension de la génératrice, en créant la nécéssité d'augmenter la grandeur de la capacité des condensateurs utilisés, provoque le blocage de la génératrice par la puissance réactive.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

O NOUĂ METODĂ DE DETERMINARE A ACCELERAŢIILOR LA MECANISME PLANE DE CLASA A DOUA

DE

D. MANGERON şi CORNELIU DRĂGAN

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Introducînd noţiunea de „acceleraţie redusă de ordin i", definită prin raportul

$$\text{(a)} \qquad \frac{\bar{a}^{(i)}}{A_i}\ (i=1,2,\ldots)\ ;\ \frac{\bar{a}^{(1)}}{A_1}=\frac{\bar{a}}{A_1}\ ,\ \bar{a}^{(i)}=\frac{d}{dt}\,\bar{a}^{(i-1)}\ ,$$

în care

$$\text{(b)} \qquad A_n=\dot{A}_{n-1}+\dot{\theta}\,B_{n-1}\ ;\ B_n=\dot{B}_{n-1}-\dot{\theta}\,A_{n-1}\ ;\ A_1=\dot{\theta}^2\ ,\ B_1=\ddot{\theta}$$

$$(n=2,3,\ldots,i-1,i,\ldots)$$

şi unghiul de rotaţie $\theta=\theta(t)$, are loc un şir de teoreme ce interesează metoda generală de studiu a cinematicii sistemelor plane.

Teorema ce constituie baza de determinare a acceleraţiilor de ordin oarecare a sistemelor materiale în mişcare plan-paralelă, demonstrată de unul dintre noi [1] se enunţă astfel:

Teorema 1. *Locul extremităţilor acceleraţiilor reduse de ordin i al tuturor punctelor unei drepte este o dreaptă perpendiculară pe prima.*

Ne vom mărgini în cele ce urmează la studiul acceleraţiilor reduse de ordinul întîi [1]) şi la aplicarea acestei noţiuni la construirea acceleraţiilor punctelor mecanismelor plane de clasa a doua.

In virtutea definiţiei generale (*a*) şi (*b*), acceleraţia redusă de primul ordin se obţine împărţind acceleraţia unui punct al unui organ prin pătratul vitezei unghiulare a organului, adică

$$\bar{a}_r=\frac{\bar{a}}{\omega^2}\ ,\ \omega=\dot{\theta}\ .$$

Se vede că vectorul $\bar{a}_r$ este coliniar cu vectorul $\bar{a}$ şi de acelaşi sens.

---

1) Menţionăm că noţiunea de „acceleraţie redusă" (de primul ordin) a fost introdusă de A. P. Kotelnikov cu ocazia unui studiu detaliat consacrat punctelor lui Burmester, publicat în *Matematiceski Sbornik*, t. 34, 1927, pp. 207-348, în particular, pp. 238-39.

Să considerăm mai întîi un organ, de formă oarecare, aparţinînd unui mecanism plan.

Fie $\bar{a}_A$ acceleraţia unui punct A al organului. Mişcarea plan-paralelă a organului poate fi considerată ca fiind compusă dintr-o mişcare de transport care este o mişcare de translaţie odată cu punctul A şi o mişcare de rotaţie în jurul lui A. Rezultă că:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^t_{BA}, \tag{1}$$

în care B este un alt punct al organului, $\bar{a}^n_{BA}$ este componenta normală a acceleraţiei punctului B în mişcarea relativă de rotaţie în jurul lui A, $\bar{a}^t_{BA}$ este componenta tangenţială a punctului B în aceeaşi mişcare, iar $\bar{a}_A$ este acceleraţia în mişcarea de transport odată cu A. Deoarece mişcarea de transport este o translaţie, acceleraţia complimentară este nulă.

Să împărţim relaţia (1) prin ω^2, adică prin pătratul vitezei unghiulare în mişcarea relativă de rotaţie. Obţinem:

$$\frac{\bar{a}_B}{\omega^2} = \frac{\bar{a}_A}{\omega^2} + \frac{\bar{a}^n_{BA}}{\omega^2} + \frac{\bar{a}^t_{BA}}{\omega^2}. \tag{2}$$

Observăm că $\frac{\bar{a}_B}{\omega^2}$ este tocmai acceleraţia redusă a punctului B şi $\frac{\bar{a}_A}{\omega^2}$ este acceleraţia redusă a punctului A. Notăm:

$$\frac{\bar{a}_B}{\omega^2} = \bar{a}_{Br} \quad \text{şi} \quad \frac{\bar{a}_A}{\omega^2} = \bar{a}_{Ar}.$$

Pe de altă parte ştim că mărimea vectorului $\bar{a}^n_{BA}$ este egală cu produsul dintre raza AB în mişcarea relativă de rotaţie şi pătratul vitezei unghiulare. Rezultă deci că:

$$\left|\frac{\bar{a}^n_{BA}}{\omega^2}\right| = \frac{AB.\omega^2}{\omega^2} = AB.$$

Deci „acceleraţia normală redusă" în mişcarea relativă este un vector avînd ca mărime distanţa AB dintre cele două puncte, ca suport — dreapta AB şi ca sens — sensul de la B către A. Vectorul $\frac{\bar{a}^t_{BA}}{\omega^2}$, adică „acceleraţia tangenţială redusă" este perpendicular pe dreapta AB, adică pe raza în mişcarea relativă de rotaţie.

Să proiectăm relaţia vectorială (2) pe direcţia AB orientată de la B către A.

Prin proiectare, relaţia vectorială (2) se transformă într-o relaţie algebrică.

Se vede (fig. 1) că AI este proiecţia vectorului $\bar{a}_{Ar}$ pe direcţia AB. Din punctul B se ia segmentul $BH = AI$ şi în acelaşi sens ca şi AI, apoi din punctul H se ia în sensul de la B către A segmentul HI şi acesta va fi egal cu BA, adică cu mărimea acceleraţiei normale redusă $\bar{a}^n_{BA}$.

Proiecția vectorului $\frac{\bar{a}^{t}_{BA}}{\omega^2}$ pe direcția AB este nulă deoarece $\bar{a}^{t}_{BA}$ este perpendicular pe raza AB în mișcarea relativă. Rezultă deci că *extremitatea vectorului* $\bar{a}_{Br}$ *se găsește undeva pe direcția* $\alpha\alpha$ perpendiculară în I pe AB.

In cele expuse mai sus am presupus că scara acceleraților reduse este aceeași cu scara lungimilor, adică scara la care este schițat mecanismul. Dacă însă această scară este prea mare (sau prea mică, caz mai

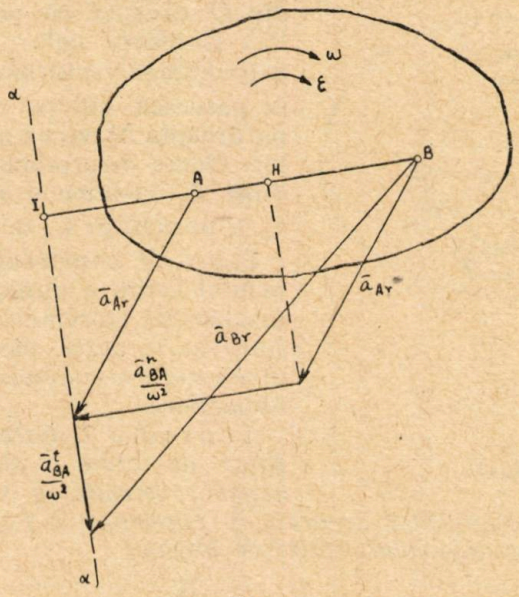


Fig. 1.

rar întîlnit) pentru a putea reprezenta acceleraților reduse, putem alege atunci o altă scară pentru reprezentarea lor, însă în acest caz lungimea AB, ce reprezintă acceleratia normală redusă, va trebui să fie și ea micșorată (sau mărită) conform noii scări alese.

Mai observăm că acceleraților reduse de ordin oarecare și în particular acceleraților reduse de primul ordin au dimensiunile unor lungimi, deci reprezentarea grafică respectă ecuațiile dimensionale. In adevăr, pentru acceleraților reduse de ordinul întîi avem

$$\left[\frac{a}{\omega^2}\right] = \left[\frac{LT^{-2}}{T^{-2}}\right] = [L].$$

In fig. 2 construcția e astfel încît acceleraților reduse sînt reprezentate la scara μ diferită de cea a lungimilor; în particular avem $HG = \frac{BA}{\mu}$.

Teorema enunțată conduce la următoarea construcție a acceleratiei reduse a unui punct oarecare al unui organ în mișcare plan-

paralelă dacă se cunosc acceleraţiile reduse a două puncte ale aceluiaşi organ.

Dacă $\bar{a}_A$ şi $\bar{a}_B$ sînt acceleraţiile punctelor A şi B, se calculează mai întîi acceleraţiile reduse $\bar{a}_{Ar}$ şi $\bar{a}_{Br}$ şi acestea se reprezintă la scara α folosită pentru reprezentarea lungimilor (fig. 3). Fie C un punct oarecare al organului. Unim punctul C cu punctele A şi B. Fie I proiecţia extremităţii acceleraţiei reduse $\bar{a}_{Ar}$ pe dreapta AC şi H — proiecţia extremităţii acceleraţiei reduse $\bar{a}_{Br}$ pe dreapta BC. Ducem prin punctul I dreapta $\alpha\alpha$ perpendiculară pe AC şi din H dreapta $\beta\beta$ perpendiculară pe BC. Conform celor arătate anterior, extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$ trebuind să se găsească atît pe dreapta $\alpha\alpha$ cît şi pe dreapta $\beta\beta$, se va găsi la intersecţia lor. Odată determinată acceleraţia redusă $\bar{a}_{Cr}$, pentru a obţine acceleraţia $\bar{a}_C$ a punctului C, înmulţim $\bar{a}_{Cr}$ cu ω^2.

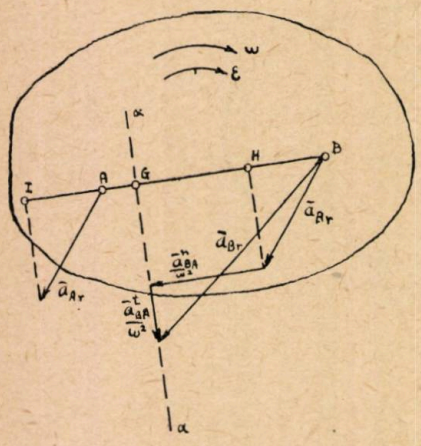


Fig. 2.

Fig. 4 dă construcţia acceleraţiei de primul ordin a punctului C pe baza următoarei teoreme care constituie extinderea la cazul acceleraţiilor de ordin oarecare a cunoscutei teoreme de asemănare:

Teorema 2. *Extremităţile acceleraţiilor de ordin i ale punctelor unui organ construite cu originea în acelaşi punct (polul acceleraţiilor de ordin i) formează o figură asemenea cu figura punctelor organului, rotită cu unghiul*

$$\text{(c)} \qquad \Theta_n = \operatorname{arctg} \frac{B_n}{A_n},$$

în care B_n şi A_n sînt definite prin (b).

Alegîndu-se pentru verificare scara acceleraţiilor din fig. 4 egală cu $\alpha\omega^2$, în care α este scara lungimilor, s-a obţinut pe desen mărimea acceleraţiilor egală cu cea a acceleraţiilor reduse din fig. 3.

Fig. 5 reprezintă construcţia acceleraţiei reduse a punctului C folosindu-se o scară μ a acceleraţiilor reduse diferită de cea a lungimilor α. Folosind punctele I şi H, aşa cum s-a arătat la descrierea fig. 3, din C, pe dreapta AC, luăm segmentul CN egal cu AI şi în acelaşi sens, apoi din N în sensul de la C către A luăm segmentul $NP = \frac{CA}{\mu}$ care reprezintă acceleraţia normală redusă în mişcarea relativă a lui C faţă de A. Extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$ se găseşte undeva pe perpendiculara ridicată în P pe dreapta AC, pe care o notăm cu $\alpha\alpha$.

Tot din punctul C, pe dreapta BC, luăm segmentul CM egal cu BH şi în acelaşi sens, apoi din M în sensul de la C către B luăm segmentul $MT = \frac{CB}{\mu}$. Extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$ se va găsi şi pe

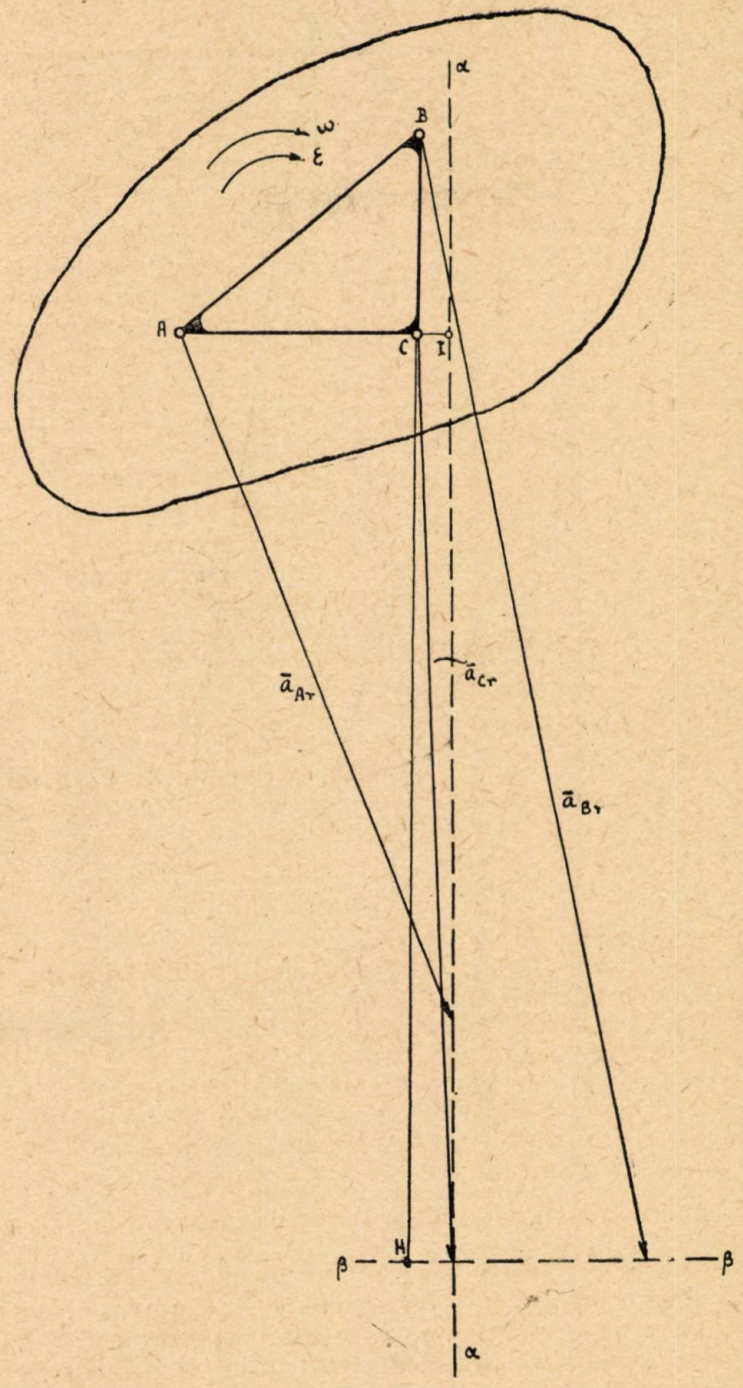


Fig. 3.

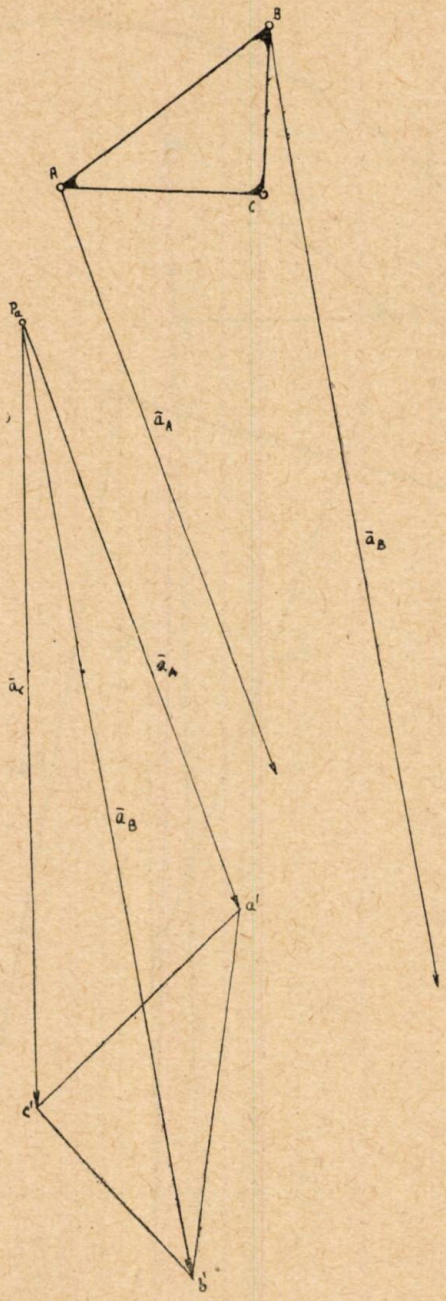


Fig. 4.

dreapta ββ perpendiculară pe BC în T, deci la intersecția dreptelor αα și ββ.

Să folosim construcțiile grafice de mai sus la studiul accelerațiilor organelor grupei de clasa a doua și de toate cele cinci specii. In felul acesta se face studiul tuturor mecanismelor plane de clasa a doua deoarece acestea se obțin prin anexarea la unul sau mai multe mecanisme de clasa întîia a grupelor de clasa a doua și de diferite specii [2],[3].

Să considerăm grupa de clasa a doua și de prima specie. Ea este formată din două organe și trei articulații ca în fig. 6, fiind asociată la restul mecanismului prin articulațiile exterioare din B și D.

Presupunem că studiul cinematic al restului mecanismului a fost făcut în prealabil și deci cunoaștem vitezele și accelerațiile centrelor articulațiilor din B și D care aparțin atît organelor 1 și 4 cît și organelor 2 și 3 ale grupei.

Notăm cu ω_2 și ω_3 vitezele unghiulare ale organelor 2 și 3, cunoscute din studiul vitezelor, presupus efectuat pentru organele grupei. Accelerația redusă a punctului B se obține împărțind accelerația punctului B prin pătratul vitezei unghiulare ω_2 a organului 2, adică

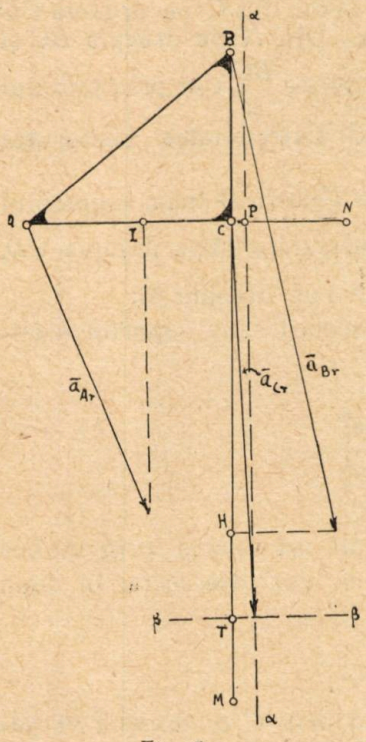


Fig. 5.

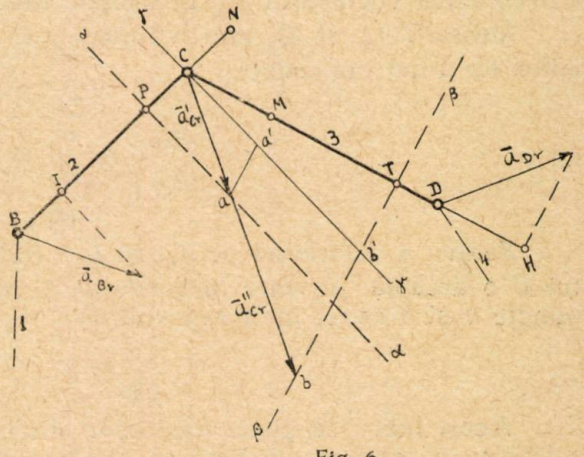


Fig. 6.

$$\bar{a}_{Br} = \frac{\bar{a}_B}{\omega_2^2}.$$

La fel

$$\bar{a}_{Dr} = \frac{\bar{a}_D}{\omega_3^2}.$$

Pentru punctul C care este centrul articulației interioare grupei, vom

avea două acceleraţii reduse, una faţă de organul 2, adică $\bar{a}'_{Cr} = \frac{\bar{a}_C}{\omega_2^2}$ şi alta faţă de organul 3, $\bar{a}''_{Cr} = \frac{\bar{a}_C}{\omega_3^2}$, deoarece punctul C aparţine atît organului 2 cît şi organului 3.

Dacă vom determina acceleraţia punctului C, problema va fi rezolvată deoarece, aşa cum s-a arătat mai sus, putem construi apoi acceleraţiile oricăror puncte ce aparţin organelor 2 şi 3 ale grupei.

La scara μ a acceleraţiilor reduse se reprezintă vectorii $\bar{a}_{Br}$ şi $\bar{a}_{Cr}$ şi se proiectează apoi pe dreptele BC şi CD. Din C pe dreapta BC luăm segmentul $CN = BI$ şi în acelaşi sens şi tot din C pe dreapta CD luăm segmentul $CM = DH$ şi în acelaşi sens. Din N pe dreapta BC şi în sensul de la C sătre B luăm segmentul $NP = \frac{BC}{\mu}$, iar prin punctul P ridicăm perpendiculara $\alpha\alpha$ pe dreapta BC. Extremitatea vectorului $\bar{a}'_{Cr}$ se va găsi undeva pe dreapta $\alpha\alpha$.

Analog, din punctul M în sensul de la C către D luăm segmentul $MT = \frac{CD}{\mu}$ şi prin punctul I ridicăm perpendiculara $\beta\beta$ pe dreapta CD. Extremitatea vectorului $\bar{a}''_{Cr}$ se găseşte undeva pe dreapta $\beta\beta$.

Vectorii $\bar{a}'_{Cr}$ şi $\bar{a}''_{Cr}$ sînt coliniari şi în acelaşi sens, raportul mărimilor lor fiind cunoscut:

$$\frac{|\bar{a}'_{Cr}|}{|\bar{a}''_{Cr}|} = \frac{\frac{|\bar{a}_C|}{\omega_2^2}}{\frac{|\bar{a}_C|}{\omega_3^2}} = \frac{\omega_3^2}{\omega_2^2} = k. \tag{3}$$

Pentru a determina pe $\bar{a}'_{Cr}$ şi $\bar{a}''_{Cr}$ trebuie să ducem prin punctul C o dreaptă pe care dreptele $\alpha\alpha$ şi $\beta\beta$ o vor intersecta în două puncte a şi b astfel încît raportul

$$\frac{Ca}{Cb} = k.$$

Acest lucru se poate face uşor ducînd prin C o dreaptă $\gamma\gamma$ paralelă cu $\alpha\alpha$ care va intersecta dreapta $\beta\beta$ în b'. Pe dreapta $\gamma\gamma$ luăm segmentul Ca' astfel încît $\frac{Ca'}{Cb'} = k$. Prin punctul a' ducem paralela la dreapta $\beta\beta$ şi la intersecţia ei cu $\alpha\alpha$, adică în a, determinăm extremitatea vectorului $\bar{a}'_{Cr}$. Prelungind dreapta Ca pînă intersectează dreapta $\beta\beta$ în b determinăm şi vectorul $\bar{a}''_{Cr}$.

Justificarea acestei construcţii este imediată deoarece triunghiurile Caa' şi Cbb' sînt asemenea.

Mărimea acceleraţiei punctului C se obţine înmulţind pe $|\bar{a}'_{Cr}|$ cu ω_2^2 sau pe $|\bar{a}''_{Cr}|$ cu ω_3^2.

Să trecem acum la studiul acceleraţiilor organelor grupei de clasa a doua de specia a doua, în care una din articulaţiile exterioare grupei a fost înlocuită cu o grupă de translaţie, aşa cum se vede în fig. 7.

Direcția de glisare xx a cuplei de translație aparține organului 4 al restului mecanismului al cărui studiu cinematic a fost făcut în prealabil.

Punctul C aparține atît organului 2 cît și organului 3. Îl considerăm că aparține mai întîi organului 2 și în acest caz extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$ se va găsi pe direcția $\alpha\alpha$ care se determină așa cum s-a arătat la grupa de clasa a doua de prima specie.

Considerăm apoi că punctul C aparține organului 3. In acest caz putem scrie următoarea ecuație vectorială:

$$\bar{a}_C = \bar{a}_{C_4} + \bar{a}^c_{CC_4} + \bar{a}^r_{CC_4} \quad (4)$$

în care $\bar{a}_{C_4}$ este accelerația punctului C în ipoteza blocării cuplei de translație din D, deci ca și cînd organele 3 și 4 ar forma un singur solid rigid; $\bar{a}^c_{CC_4}$ este accelerația complimentară și $\bar{a}^r_{CC_4}$ este accelerația relativă care are ca suport o paralelă la dreapta xx,

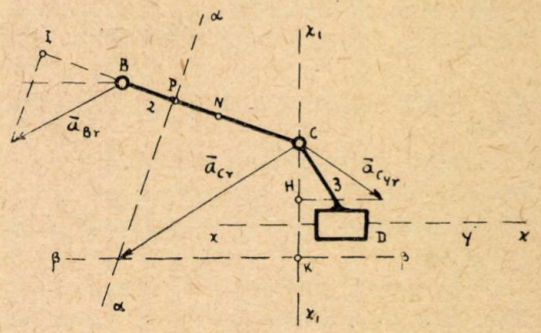


Fig. 7.

Să împărțim ambii membri ai ecuației (4) prin ω_2^2, în care ω_2 este viteza unghiulară a organului 2, cunoscută din studiul prealabil al vitezelor. Căpătăm:

$$\frac{\bar{a}_C}{\omega_2^2} = \frac{\bar{a}_{C_4}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^c_{CC_4}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^r_{CC_4}}{\omega_2^2}, \quad (5)$$

în care avem

$$\frac{\bar{a}_C}{\omega_2^2} = \bar{a}_{Cr} \quad ; \quad \frac{\bar{a}_{C_4}}{\omega_2^2} = \bar{a}_{C_4 r}.$$

Vectorul $\bar{a}_{C_4}$ ce reprezintă accelerația în mișcarea de transport, este cunoscut, deoarece se cunoaște mișcarea organului 4. Deci se poate calcula ușor și vectorul $\bar{a}_{C_4 r}$ care se reprezintă la scara μ a accelerațiilor reduse.

Trebuie să remarcăm că, în acest caz, spre deosebire de specia întîia, reducerea accelerațiilor se face împărțind numai cu ω_2^2. Deci vom avea o singură accelerație redusă pentru punctul C.

Vectorul $\bar{a}^c_{CC_4}$ este dat prin produsul vectorial

$$\bar{a}^c_{CC_4} = 2\,\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{CC_4},$$

în care $\bar{\omega}_4$, este vectorul viteză unghiulară în mișcarea de transport perpendicular pe planul mecanismului, $\bar{a}^c_{CC_4}$ este perpendicular pe $\bar{v}_{CC_4}$, prin urmare $\bar{a}^c_{CC_4}$ este perpendicular pe direcția xx de glisare a cuplei de translație din D.

Vectorul

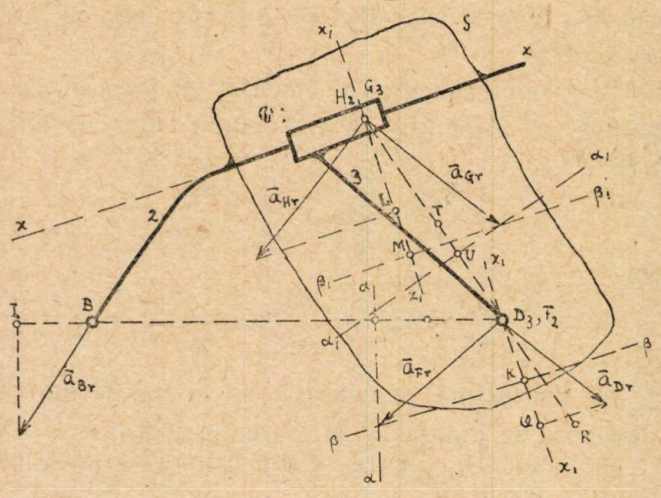
$$\bar{a}^{c}_{CC_4r} = \frac{\bar{a}^{c}_{CC_4}}{\omega_2^2}$$

este coliniar şi de acelaşi sens cu vectorul $\bar{a}^{c}_{CC_4}$.

Proiectînd ecuaţia vectorială (5) pe direcţia x_1x_1 dusă prin C perpendicular pe direcţia xx, se obţine o ecuaţie algebrică. Proiecţia vectorului $\bar{a}_{C_4r}$ este reprezentată prin segmentul CH, acea a vectorului $\bar{a}^{c}_{CC_4r}$ prin segmentul HK, iar proiecţia vectorului $\frac{\bar{a}^{r}_{CC_4}}{\omega_2^2}$ este nulă.

Deci extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$ va trebui să se găsească undeva pe direcţia $\beta\beta$ perpendiculară pe x_1x_1 şi dusă prin punctul K. Rezultă că extremitatea lui $\bar{a}_{Cr}$ se găseşte în punctul de intersecţie al dreptelor $\alpha\alpha$ şi $\beta\beta$.

In cazul particular cînd direcţia xx de glisare a cuplei de translaţie din D aparţine batiului, construcţia se simplifică deoarece acceleraţia complimentară e nulă, ω_4 fiind egal cu zero, $\bar{a}_{C_4r} = 0$ şi deci



Fig, 8.

$\bar{a}_{Cr}$ este un vector ce are ca suport o paralelă la xx dusă prin C. La intersecţia acestei paralele cu dreapta $\alpha\alpha$ se găseşte extremitatea vectorului $\bar{a}_{Cr}$.

Să considerăm o grupă de clasa a doua, de specia a treia la care articulaţia interioară grupei a fost înlocuită cu o cuplă de translaţie din C (fig. 8).

Din studiul prealabil al restului mecanismului, la care este asociată grupa, se cunosc acceleraţiile centrelor articulaţiilor din B şi D. De asemenea se cunosc din studiul vitezelor vitezele unghiulare $\omega_2 = \omega_3$ ale organelor 2 şi 3 ale grupei.

Fie H, un punct de pe direcția de glisare xx a cuplei de translație din D_3 care aparține organului 2, iar G_3 un punct de pe organul 3 ce coincide cu H_2 la momentul considerat.

Să considerăm un plan S solidar cu organul 2, deci și cu dreapta xx. Fie F_2 punctul aparținînd planului S ce coincide cu D_3 la momentul considerat. Putem scrie, lăsînd la o parte indicii pentru a nu complica formulele:

(6) $$\bar{a}_F = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{FB} + \bar{a}^t_{FB}.$$

Împărțind ecuația (6) cu ω_2^2 obținem:

(7) $$\bar{a}_{Fr} = \frac{\bar{a}_B}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^n_{FB}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^t_{FB}}{\omega_2^2}.$$

Proiectînd pe direcția BF_2 (BD_3) și făcînd construcția arătată anterior, obținem direcția $\alpha\alpha$ pe care va trebui să se găsească extremitatea vectorului $\bar{a}_{Fr}$. Pe de altă parte, accelerația punctului D_3 poate fi exprimată astfel:

(8) $$\bar{a}_D = \bar{a}_F + \bar{a}^c_{DF} + \bar{a}^r_{DF}.$$

Direcția vectorului $\bar{a}^c_{DF}$ este perpendiculară pe direcția xx care e și direcția vitezei relative, iar $\bar{a}^r_{DF}$ e paralel cu direcția xx.

Împărțind ecuația (8) cu ω_2^2, obținem:

(9) $$\bar{a}_{Dr} = \frac{\bar{a}_F}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^c_{DF}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^r_{DF}}{\omega_2^2}; \quad \bar{a}_{Dr} = \frac{\bar{a}_D}{\omega_2^2},$$

sau

(10) $$\bar{a}_{Fr} = \bar{a}_{Dr} - \frac{\bar{a}^c_{DF}}{\omega_2^2} - \frac{\bar{a}^r_{DF}}{\omega_2^2},$$

în care

$$\bar{a}^c_{DF} = 2\bar{\omega}_2 \times \bar{v}_{DF}.$$

Proiectînd pe direcția x_1x_1 dusă prin D_3 perpendicular pe direcția xx, obținem dreapta $\beta\beta$ și extremitatea vectorului $\bar{a}_{Fr}$ se va găsi la intersecția dreptelor $\alpha\alpha$ și $\beta\beta$. In figură s-a luat

$$\overline{QK} = -\frac{\bar{a}^c_{DF}}{\omega_2^2}.$$

Inmulțind cu ω_2^2 obținem accelerația punctului F_2, adică vectorul $\bar{a}_F$.

Deoarece cunoaștem acum accelerațiile a două puncte aparținînd organului 2, adică pe $\bar{a}_B$ și $\bar{a}_F$, putem determina accelerația punctului H_2 așa cum a fost arătat anterior sau a oricărui alt punct de pe organul 2. Putem scrie deci

(11) $$\bar{a}_G = \bar{a}_H + \bar{a}^c_{GH} + \bar{a}^r_{GH},$$

în care

$$\bar{a}^c_{GH} = 2\bar{\omega}_2 \times \bar{v}_{GH}.$$

Impărţind ambii membri ai ecuaţiei (11) cu $\omega_2^2 = \omega_3^2$, avem

$$\bar{a}_{Gr} = \frac{\bar{a}_G}{\omega_2^2} = \frac{\bar{a}_H}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^c_{GH}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^r_{GH}}{\omega_2^2} \tag{12}$$

Notăm

$$\frac{\bar{a}_H}{\omega_2^2} = \bar{a}_{Hr}$$

şi ţinînd seama de cupla de translaţie, avem

$$\bar{v}_{DF} = \bar{v}_{GH} ,$$

deci

$$\bar{a}^c_{GH} = \bar{a}^c_{DF} ,$$

la fel

$$\bar{a}^r_{GH} = \bar{a}^r_{DF} .$$

Mai avem

$$\bar{a}_{Gr} = \frac{\bar{a}_D}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^n_{GD}}{\omega_2^2} + \frac{\bar{a}^t_{GD}}{\omega_2^2} . \tag{13}$$

Cu ajutorul ecuaţiilor (12) şi (13) putem efectua construcţia de pe figură şi determina astfel vectorul $\bar{a}_{Gr}$ şi deci şi vectorul $\bar{a}_G$. Cunoscînd acum acceleraţiile a două puncte de pe organul 3, adică pe $\bar{a}_D$ şi $\bar{a}_G$, putem construi acceleraţiile oricărui punct aparţinînd organului 3.

Să studiem din punctul de vedere al acceleraţiilor, grupa de clasa a doua de a patra specie, adică aceea în care ambele articulaţii exterioare au fost înlocuite prin cuple de translaţie. Ea este reprezentată în fig. 9.

Direcţiile de glisare xx şi yy aparţin respectiv organelor 1 şi 4 al căror studiu cinematic a fost făcut în prealabil.

Pentru acceleraţia punctului C putem scrie următoarele două ecuaţii vectoriale:

$$\bar{a}_C = \bar{a}_{C_1} + \bar{a}^c_{CC_1} + \bar{a}^r_{CC_1} , \tag{14}$$

$$\bar{a}_C = \bar{a}_{C_4} + \bar{a}^c_{CC_4} + \bar{a}^r_{CC_4} , \tag{15}$$

în care $\bar{a}_{C_1}$ este acceleraţia punctului C în ipoteza blocării cuplei de translaţie din B sau a unui punct C_1 ce coincide cu punctul C la momentul considerat dar aparţine unui plan solidar cu organul 1. La fel, $\bar{a}_{C_4}$ este acceleraţia punctului C în ipoteza blocării cuplei de translaţie din D sau a unui punct C_4 ce coincide cu punctul C la momentul considerat, dar aparţine unui plan solidar cu organul 4. Deci $\bar{a}_{C_1}$ şi $\bar{a}_{C_4}$ pot fi calculaţi deoarece studiul cinematic al restului mecanismului, deci şi a organelor 1 şi 4 a fost făcut.

De asemenea se pot calcula vectorii

$$\bar{a}^c_{CC_1} = 2\bar{\omega}_1 \times \bar{v}_{CC_1} \quad \text{şi} \quad \bar{a}^c_{CC_4} = 2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{CC_4} .$$

Ei sînt respectiv perpendiculari pe dreptele xx şi yy. Mai menţionăm

că $\bar{\omega}_2 = \bar{\omega}_1$ și $\bar{\omega}_3 = \bar{\omega}_4$, deoarece cuplele din B și D sînt de translație.

Împărțind ecuațiile (14) și (15) prin ω_1^2, obținem:

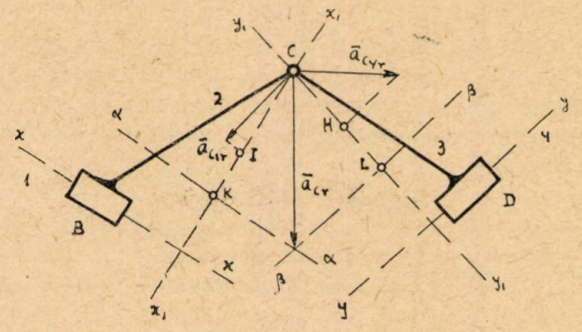


Fig. 9.

$$\bar{a}_C = \frac{\bar{a}_C}{\omega_1^2} = \bar{a}_{C1r} + \frac{2\bar{\omega}_1 \times \bar{v}_{CC1}}{\omega_1^2} + \frac{\bar{a}^r_{CC1}}{\omega_1^2} \tag{16}$$

$$\bar{a}_{Cr} = \frac{\bar{a}_C}{\omega_1^2} = \bar{a}_{C4r} + \frac{2\omega_4 \times \bar{v}_{CC4}}{\omega_1^2} + \frac{\bar{a}^r_{CC}}{\omega_1^2}. \tag{17}$$

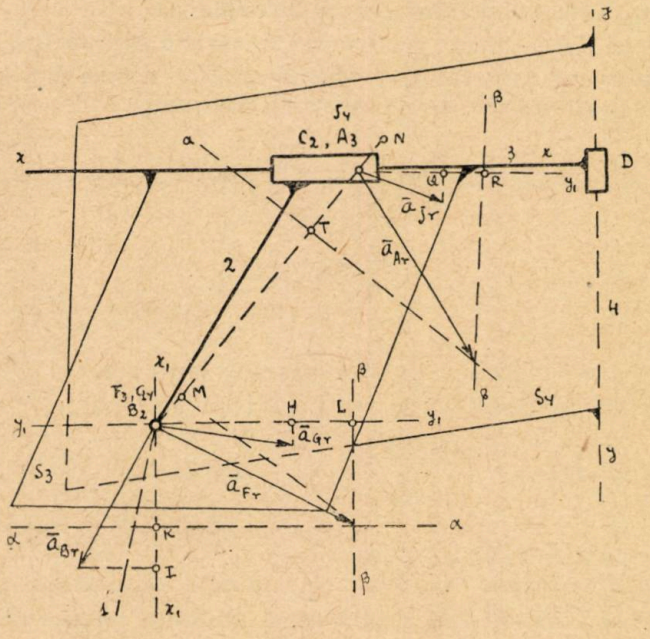


Fig. 10.

Acestor două ecuații le corespunde construcția de pe figură în care IK reprezintă la scara μ a acceleraților reduse vectorul $\frac{2\bar{\omega}_1 \times \bar{v}_{CC1}}{\omega_1^2}$ și

HL reprezintă, la aceiaşi scară, vectorul $\frac{2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{CC4}}{\omega_1^2}$. Inmulţind pe $\bar{a}_{CC}$ cu ω_1^2, găsim vectorul $\bar{a}_C$.

Să trecem la studiul grupei de clasa a doua de a cincea specie, la care articulaţia interioară şi una din articulaţiile exterioare au fost înlocuite prin cuple de translaţie, aşa cum se vede în fig. 10.

Deoarece cuplele cinematice din C şi D sînt de translaţie, avem

$$\omega_2 = \omega_3 = \omega_4 .$$

Să considerăm punctul F_3 ce aparţine planului S_3 solidar cu organul 3 şi punctul G_4 care aparţine planului S_4 solidar cu organul 4, iar punctele B_2, F_3 şi G_4 coincid la momentul considerat. Avem :

$$\bar{a}_B = \bar{a}_F + \bar{a}^c_{BF} + \bar{a}^r_{BF} , \tag{18}$$

$$\bar{a}_F = \bar{a}_G + \bar{a}^c_{FG} + \bar{a}^r_{FG} , \tag{19}$$

în care

$$\bar{a}^c_{BF} = 2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{BF} \quad \text{şi} \quad \bar{a}^c_{FG} = 2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{FG} .$$

Se vede uşor că vectorul $\bar{a}^c_{BF}$ este perpendicular pe dreapta xx, iar vectorul $\bar{a}^c_{FG}$ este perpendicular pe dreapta yy.

Vectorul $\bar{a}_G$ se poate determina deoarece el aparţine planului S_4 care e solidar cu organul 4, al cărui studiu cinematic a fost făcut. Impărţind ecuaţiile (18) şi (19) prin ω_4^2, obţinem :

$$\bar{a}_{Fr} = \frac{\bar{a}_F}{\omega_4^2} = \frac{\bar{a}_B}{\omega_4^2} - \frac{2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{BF}}{\omega_4^2} - \frac{\bar{a}^r_{BF}}{\omega_4^2} , \tag{20}$$

$$\bar{a}_{Fr} = \frac{\bar{a}_G}{\omega_4^2} + \frac{2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{FG}}{\omega_4^2} + \frac{\bar{a}^r_{FG}}{\omega_4^2} . \tag{21}$$

Vectorul $\bar{a}^r_{BF}$ este paralel cu dreapta xx, iar vectorul $\bar{a}^r_{FG}$ este paralel cu dreapta yy. In construcţia de pe figură am luat

$$\overline{IK} = -\frac{2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{BF}}{\omega_4^2} \quad \text{şi} \quad \overline{HL} = -\frac{2\bar{\omega}_4 \times \bar{v}_{FG}}{\omega_4^2}$$

la scara μ a acceleraţiilor reduse.

Odată determinat vectorul $\bar{a}_{Fr}$, putem determina înmulţind cu ω_4^2 vectorul $\bar{a}_F$, adică acceleraţia unui punct al planului S_3 solidar cu organul 3.

Pe organul 2, aşa cum se vede din figură, considerăm un punct C_2 care coincide la momentul considerat cu un punct A de pe organul 3 şi mai considerăm şi punctul J_4 din planul S_4 ce coincide cu punctele A_3 şi C_2 la momentul dat. Putem scrie următoarele ecuaţii vectoriale :

(22) $$\bar{a}_A = \bar{a}_F + \bar{a}^n_{AF} + \bar{a}^t_{AF},$$

(23) $$\bar{a}_A = \bar{a}_J + \bar{a}^c_{AJ} + \bar{a}^r_{AJ},$$

în care

$$\bar{a}^n_{AF} = \overline{AF} \cdot \omega_2^2 = \overline{AF} \cdot \omega_J^2 \quad \text{și} \quad \bar{a}^c_{AJ} = 2\omega_4 \times \bar{v}_{AJ}$$

Vectorul $\bar{a}_J$ poate fi determinat deoarece punctul J_4 aparține planului S_4 solidar cu organul 4. Se poate deci face construcția de pe figură și se determină vectorul $\bar{a}_{Ar}$, apoi $\bar{a}_A$.

Fiind astfel cunoscute accelerațiile a două puncte F_3 și A_3 ale planului S_3, se poate determina accelerația oricărui punct al acestui plan, deci și al organului 3.

Pentru punctul C_2 putem scrie următoarele ecuații vectoriale:

(24) $$\bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}^n_{CB} + \bar{a}^t_{CB},$$

(25) $$\bar{a}_C = \bar{a}_A + \bar{a}^c_{CA} + \bar{a}^r_{CA}.$$

Cu ajutorul acestor ecuații se poate determina și vectorul $\bar{a}_{Cr}$ și apoi $\bar{a}_C$. Construcția nu o mai repetăm pentru a nu complica figura. Este complet analoagă cu cele precedente.

Cunoscînd accelerațiile a două puncte ale organului 2 și anume $\bar{a}_C$ și $\bar{a}_B$, putem determina accelerația oricărui punct al organului 2.

In concluzie, construcțiile grafice expuse sînt destul de simple și permit determinarea accelerațiilor punctelor organelor mecanismelor plane de clasa a doua fără să fie nevoie să se construiască planul accelerațiilor. De asemenea se evită folosirea teoremei asemănării.

Ele se bazează pe noțiunea de „accelerație redusă" și sînt susceptibile de a fi extinse la mecanismele de clasa a treia și, așa cum s-a arătat la început, la determinarea accelerațiilor de ordin superior[1]).

Menționăm că față de metodele clasice apare un calcul în plus, acel al accelerațiilor reduse, care este însă destul de ușor de efectuat, aceasta cu atît mai mult cu cît calcule similare apar oridecîte ori este nevoie de o schimbare de scară.

In cele ce urmează vom aplica metoda expusă la două mecanisme de clasa a doua din cele mai des folosite în practică.

Exemplul 1. Să considerăm un pentagon articulat. Mecanismul este format prin asocierea unei grupe de clasa a doua de prima specie la două mecanisme de clasa întîia. El are două grade de libertate.

Fie ω_1 și ε_1, ω_4 și ε_4 vitezele și accelerațiile unghiulare cunoscute ale organelor motoare 1 și 4 (fig. 11) care împreună cu batiul 5 alcătuiesc cele două mecanisme de clasa întîia.

---

1) Necesitatea studiilor teoretice multilaterale relative la accelerații de ordin superior, justificată în trecut printr-un număr de lucrări răzlețe, printre care unele de seamă, ca de pildă, cunoscuta lucrare a lui N. E. Jukovski, „Aplicarea teoriei centrelor accelerațiilor de ordin superior la mecanismul de ghidaj al lui Cebîșev", apare din ce în ce mai vădită în legătură cu problemele moderne de fizică atomică. Astfel, de exemplu, forțe de frecare de iradiere se prezintă sub formă ce are ca factor accelerația de ordinul al doilea (derivata de ordinul al treilea a vectorului de poziție). A se vedea, de pildă, E. A. Spolski, *Fizica atomică*, Ed. a 2-a, vol. I, 1954, Editura Tehnică, p. 221 și urm.

Este necesar să facem mai întîi prin metode cunoscute studiul vitezelor pentru a determina vitezele unghiulare ω_2 şi ω_3 ale organelor 2 şi 3 ale grupei de clasa a doua. Viteza punctului B este $\bar{v}_B$ şi a punctului D este $\bar{v}_D$. Avem:

$$v_B = AB.\omega_1 \quad \text{şi} \quad v_D = ED.\omega_4 .$$

Proiectăm vectorul $\bar{v}_B$ pe direcţia BC şi vectorul $\bar{v}_D$ pe direcţia DC. Luăm din C pe direcţia BC segmentul $CF = BP$ şi în acelaşi sens, iar pe direcţia CD segmentul $CG = DQ$ şi în acelaşi sens. Prin punctul F în planul figurii ridicăm perpendiculara $\alpha\alpha$ pe BC. Extremitatea vectorului $\bar{v}_C$ va trebui să se găsească pe dreapta $\alpha\alpha$ căci punctele B şi C aparţin aceluiaşi organ 2 şi proiecţiile vitezelor lor pe direcţia BC trebuie să fie egale deoarece organul 2 este un corp rigid.

Ducînd prin punctul G în acelaşi plan perpendiculara $\beta\beta$ la dreapta CD, extremitatea vectorului $\bar{v}_C$ se va găsi şi pe dreapta $\beta\beta$ deoarece punctul C aparţine şi organului 3, deci se va găsi în punctul c la intersecţia direcţiilor $\alpha\alpha$ şi $\beta\beta$.

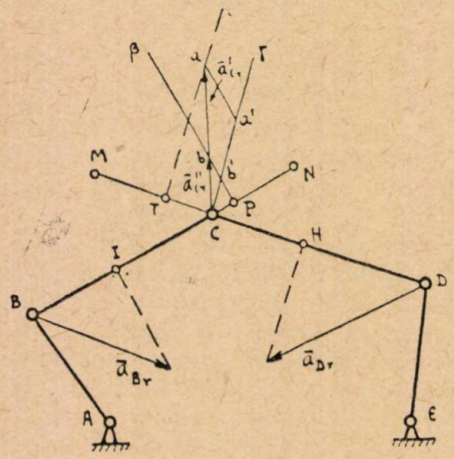


Fig. 11.

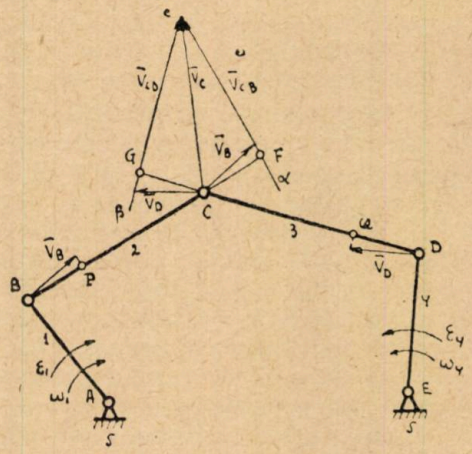


Fig. 12.

Aşa cum se vede din fig. 11, se determină vectorii $\bar{v}_{CB}$ şi $\bar{v}_{CD}$ la scara η a vitezelor. Vitezele unghiulare ω_2 şi ω_3 sînt date, după cum se ştie, prin:

$$\omega_2 = \frac{v_{CB}}{CB} \quad \text{şi} \quad \omega_3 = \frac{v_{CD}}{CD} .$$

Se determină apoi acceleraţiile punctelor B şi D considerînd aceste puncte ca aparţinînd organelor 1 şi 4. Avem:

$$a_B^n = AB.\omega_1^2 \; ; \quad a_D^n = ED.\omega_4^2 ,$$

$$a_B^t = AB.\varepsilon_1 \; ; \quad a_D^t = ED.\varepsilon_4 ,$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_B^n + \bar{a}_B^t ; \quad \bar{a}_D = \bar{a}_D^n + \bar{a}_D^t .$$

Se calculează accelerațiile reduse ale punctelor B și D ele fiind considerate că aparțin acum organelor 2 și 3, adică:

$$\bar{a}_{Br} = \frac{\bar{a}_B}{\omega_2^2} \quad \text{și} \quad \bar{a}_{Dr} = \frac{\bar{a}_D}{\omega_3^2}.$$

Ele se reprezintă grafic la scara μ a accelerațiilor reduse ca în fig. 12 Avem :

$$\mu . Ca = a'_{Cr} \quad \text{și} \quad \mu . Cb = a''_{Cr}.$$

Grupei de clasa a doua formată din organele 2 și 3 i se aplică construcția expusă anterior, așa cum se vede pe figură, explicația construcției ne mai fiind necesar să o mai repetăm.

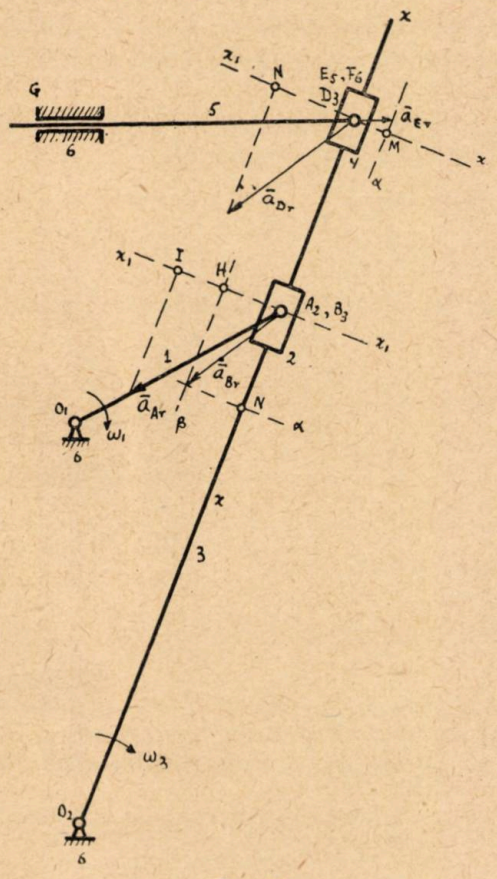


Fig. 13.

Exemplul 2. Mecanismul este format prin asocierea succesivă la mecanismul de clasa întîia, alcătuit din organul 1 articulat la batiul 6, a unei grupe de clasa a doua de a treia specie formată din organele 2 și 3 și a unei grupe de clasa a doua de a patra specie formată din organele 4 și 5 (fig 13).

Din studiul vitezelor se determină viteza unghiulară ω_3 a organului 3. Cunoscînd viteza unghiulară ω_1, a organului motor și eventual accelerația sa unghiulară ε_1, se determină ușor accelerația $\bar{a}_A$ a punctului A_2, centrul articulației ce asociază organele 1 și 2. In cazul cel mai obișnuit $\omega_1 = \text{const}$, $\varepsilon_1 = 0$, deci $\bar{a}_A$ va fi un vector după direcția A_2O_1 și de la A_2 către O_1. Scara accelerațiilor reduse este μ. Se calculează apoi

$$\bar{a}_{Ar} = \frac{\bar{a}_A}{\omega_3^2}.$$

Se consideră punctul B_3, de pe organul 3 ce coincide cu A_2 la momentul dat. Putem scrie

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^c_{BA} + \bar{a}^r_{BA},$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_{O_2} + \bar{a}^n_{BO_2} + \bar{a}^t_{BO_2}.$$

Impărțind cu ω_3^2 avem :

$$\bar{a}_{Br} = \bar{a}_{Ar} + \frac{2\bar{\omega}_3 \times \bar{v}_{BA}}{\omega_3^2} + \frac{\bar{a}^r_{BA}}{\omega_3^2},$$

$$\bar{a}_{Br} = \frac{\bar{a}^n_{BO_2}}{\omega_3^2} + \frac{\bar{a}^t_{BO_2}}{\omega_3^2},$$

în care

$$|\bar{a}^n_{BO_2}| = BO_2 . \omega_3^2 \quad , \bar{a}_{O_2} = 0, O_2 \text{ fiind un punct fix.}$$

Se poate face deci construcţia de pe figură în care $\overline{IH} = \frac{2\bar{\omega}_3 \times \bar{v}_{BA}}{\omega_3^2}$ la scara μ şi $AN = \frac{BO_2}{\mu}$.

Odată găsit vectorul $\bar{a}_{Br}$, se determină vectorul $\bar{a}_B$ înmulţind cu ω_3^2 şi vectorul $\bar{a}_{Dr}$, ţinînd seamă de faptul că organul 3 are o mişcare de rotaţie în jurul lui O_2.

Pentru punctul E_5 care este centrul articulaţiei ce asociază organele 4 şi 5, se pot scrie următoarele ecuaţii vectoriale:

$$\bar{a}_E = \bar{a}_D + \bar{a}^c_{ED} + \bar{a}^r_{ED},$$

$$\bar{a}_E = \bar{a}_F + \bar{a}^c_{EF} + \bar{a}^r_{EF}.$$

Dar $\bar{a}_F = 0$, $\bar{a}^c_{EF} = 0$ deoarece punctul F aparţine batiului 6. Împărţind cu ω_3^2, avem:

$$\bar{a}_{Er} = \bar{a}_{Dr} + \frac{2\bar{\omega}_3 \times \bar{v}_{ED}}{\omega_3} + \frac{\bar{a}^r_{ED}}{\omega_3^2},$$

$$\bar{a}_{Er} = \frac{\bar{a}^r_{EF}}{\omega_3^2}.$$

Facem deci construcţia de pe figură, în care

$$\overline{NM} = \frac{2\bar{\omega}_3 \times \bar{v}_{ED}}{\omega_3^2} \quad \text{la scara } \mu.$$

Ducînd prin M o direcţie perpendiculară pe x_1x_1, obţinem dreapta $\alpha\alpha$. La intersecţia ei cu dreapta dusă prin E paralelă cu direcţia de glisare a cuplei de translaţie din G se va găsi extremitatea vectorului $\bar{a}_{Er} = \frac{\bar{a}^r_{EF}}{\omega_3^2}$. Înmulţind pe $\bar{a}_{Er}$ cu ω_3^2 se găseşte acceleraţia punctului E.

Catedra de Mecanică

BIBLIOGRAFIE

1. Манжерон Д. И., К графо-аналитическим методам кинематики материальных систем, ДАН СССР, 1955, *102*, стр. 797-798.
2. Кожевников С. Н., Теория механизмов и машин, МАШГИЗ, Киев, Изд. 2-е, 1954, стр. 85-100.
3. Artobolevski I. I., *Teoria mecanismelor şi a maşinilor*, Edit. Tehnică, Bucureşti, 1955, pp. 159-178.

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЙ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ II-ГО КЛАССА

(Краткое содержание)

Вводя понятие „приведенного ускорения i-го порядка", определяемое отно ением

$$\text{(a)} \qquad \frac{\bar{a}^{(i)}}{A_i} \quad (i=1,2,\ldots);\ \frac{\bar{a}^{(1)}}{A_1}=\frac{\bar{a}}{A_1},\ \bar{a}^{(i)}=\frac{d}{dt}\bar{a}^{(i-1)},$$

где

$$\text{(b)} \quad A_n=\dot{A}_{n+1}+\dot{\theta}B_{n-1};\ B_n=\dot{B}_{n-1}-\dot{\theta}A_{n-1};\ A_1=\dot{\theta}^2,\ B_1=\dot{\theta}\ (n=2,3,\ldots,i-1,i,\ldots);$$

и угол поворота $\theta=\theta(t)$, и пользуясь теоремой относящейся к кинематике материальных систем в плоско-параллельном движении: Геометрическое место концов приведенных ускорений i-го порядка точек прямой (D_0)—прямая (D_1) перпендикулярная к данной (Теорема 1), дается новый общий метод определения ускорений точек звена механизма в плоско-параллельном движении (фиг. 1-5).

Метод применяется затем—следуя новейшей классификации акад. И. И. Артоболевского—для всех видов группы II-го класса, а значит и всех плоских механизмов II-го класса (фиг. 6-10).

Статья заканчивается определением ускорений первого порядка двух механизмов II-го класса наиболее часто встречающихся на практике (фиг. 11-13).

Полученные графические построения довольно просты и допускают определение ускорений первого порядка плоских механизмов II-го класса без того чтобы пользоваться планом ускорений или же известной теоремой подобия, установленной, между прочим, в общем случае ускорений какого угодно порядка (Теорема 2).

Полученные результаты могут быть обобщены на механизмы III-го класса и ряд построений ускорений высших порядков, интересующих все более и более современную технику быстро действующих машин и механизмов, может быть выполнен используя теорему 1.

UNE NOUVELLE MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES ACCÉLÉRATIONS DES MÉCANISMES PLANS DE II-e CLASSE

(R é s u m é)

Après l'introduction de la notion d'*accélération réduite d'ordre i* définie par le rapport

$$\text{(a)} \qquad \frac{\bar{a}^{(i)}}{A_i} \quad (i=1,2\ldots);\ \frac{\bar{a}^{(1)}}{A_1}=\frac{\bar{a}}{A_1},\ \bar{a}^{(i)}=\frac{d}{dt}\bar{a}^{(i-1)},$$

où

$$\text{(b)} \quad A_n=\dot{A}_{n+1}+\dot{\theta}B_{n-1};B_n=\dot{B}_{n-1}-\dot{\theta}A_{n-1};\ A_1=\dot{\theta}^2,\ B_1=\ddot{\theta}\ (n=2,3,\ldots,i-1,i,\ldots)$$

et l'angle de rotation $\theta=\theta(t)$ et à la suite du théorème suivant relatif à la cinématique des systèmes matériels en mouvement plan-parallèle

Lieu géométrique des extrémités des accélérations réduites d'ordre i des points d'une droite est une droite perpendiculaire à la première, les Auteurs élaborent une méthode unitaire de détermination des accélérations des points d'un organe appartenant à un mécanisme en mouvement plan-parallèle (fig. 1-5).

La méthode exposée s'applique ensuite à la détermination des accélérations de premier ordre de tous les espèces du groupe de II-e classe (conformément à la classification de M. Artobolevski) et donc à tous les mécanismes plans de II-e classe (fig. 6-10).

Deux exemples à la fin de l'article, concernant l'étude des accélérations de premier ordre des deux mécanismes de II-e classe (fig. 11-13) des plus usités dans la pratique, illustrent la méthode exposée.

Les constructions graphiques obtenues sont assez simples et permettent la détermination des accélérations des points des organes des mécanismes plans de II-e classe sans qu'on ait besoin de la construction du plan des accélérations ou tout au moins du théorème de similitude (établit d'ailleurs dans le texte dans le cas général des accélérations d'ordre quelconque (théorème 2)).

Les résultats acquis peuvent être généralisés aux mécanismes plans de III-e classe et des séries de constructions des accélérations d'ordre supérieur peuvent être effectués en tenant compte du théorème 1

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

DESPRE GRADAREA ŞI POSIBILITATEA DE UTILIZARE A CUPLURILOR TERMOELECTRICE PRIN CONTACT MECANIC ŞI CONTACT DE FRECARE

DE

T. I. CĂMPAN şi A. SIMIONESCU

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Prin cuplu termoelectric prin contact mecanic, sau contact de frecare, autorii înţeleg cazurile de cupluri termoelectrice cînd în locul sudurii calde a cuplului — sau mai bine zis, a sudurii care capătă temperatura necunoscută de măsurat — se întrebuinţează nu un contact de sudură între cele două elemente ale cuplului, ci un contact simplu prin atingerea lor cu corpuri străine.

Asemenea contacte simple între cele două elemente ale cuplurilor s-au întrebuinţat pînă acuma, în mod curent, numai în cazurile cînd în locul sudurii reci se utilizează contactele simple de la bornele galvanometrelor sau ale milivoltmetrelor de măsură. La acestea se pleacă de la premiza că întregul galvanometru sau milivoltmetru — resp. piesele care formează circuitul electric care interesează — inclusiv bornele, se află la aceeaşi temperatură, egală cu temperatura mediului ambiant care rămîne constantă ; masa care mijloceşte contactul între elementele cuplului, o constituie însăşi circuitul electric al aparatului.

Tot în contacte simple între cele două elemente ale cuplului, constă şi metoda pentru măsurarea temperaturii de aşchiere preconizată de către Gottwein şi Herbert în 1926. După această metodă [1] piesa prelucrată este izolată (electric) de maşina unealtă şi legată în circuitul electric cu cuţitul şi cu milivoltmetrul de măsură ; contactul electric între piesa prelucrată, care se roteşte şi circuit este asigurat printr-o baie de mercur, iar cel între piesă şi cuţit, adică contactul care ţine locul sudurii calde a cuplului, este asigurat prin apăsarea cuţitului asupra piesei. Intrucît piesa de prelucrat şi cuţitul sînt din metale diferite, la locul lor de contact, din cauza încălzirii, în timpul aşchierii, se produce o forţă electromotoare termoelectrică, indicată de milivoltmetrul, care prin o gradare potrivită, poate indica direct în °C temperatura punctului de contact. Metoda Gottwein-Herbert poartă numele de *metoda cuplului termoelectric natural*, pe cînd cuplurile termoelectrice prin sudură sînt denumite *cupluri termoelectrice artificiale.*

Metoda cuplului termoelectric natural este folosită mult în Uniunea Sovietică, fiind considerată de către unii autori ca cea mai bună metodă

pentru măsurarea temperaturii la aşchierea metalelor [1]. Totuşi, în ultimul timp, în cîteva lucrări se aduc critici serioase acestei metode [1]. Anume, în aceste lucrări se face observaţia că precizia indicaţiilor cuplului termoelectric natural este influenţată de următorii factori [1]:

a. mărimea suprafeţei de contact între aşchie şi cuţit;
b. secţiunea transversală a aşchiei şi presiunea asupra cuţitului;
c. frecarea la contactul între cele două corpuri;
d. proprietăţile mecanice ale metalelor întrebuinţate.

Indemnaţi, în parte, de motivele indicate mai sus şi în parte din cauza unor dificultăţi care se întîlnesc la măsurarea temperaturii de suprafaţă a corpurilor cu ajutorul cuplurilor termoelectrice prin sudură, care vor fi discutate mai tîrziu, autorii au luat în cercetare problema cuplurilor termoelectrice prin contact simplu (mecanic) sub o nouă formă. Anume (vezi fig. 1), cele două elemente ale cuplului, de ex. fire de cupru şi de constantan, menite să ia temperatura corpului A, nu sînt sudate întreolaltă, cum se face la cuplul prin sudură, ci capetele lor sînt aduse separat în contact cu suprafaţa corpului la punctele C şi C'; distanţa între capetele firelor este de cîţiva milimetri. Legătura electrică între cele două capete ale elementelor cuplului se face prin însăşi masa corpului A. Sudura rece a cuplului se află sau într-o baie potrivită B, de temperatură constantă, cînd este vorba să se măsoare diferenţe de temperaturi mici, sau este formată de însăşi contactele de la bornele galvanometrului G, în cazul măsurărilor de temperaturi de cîteva sute de grade. Cît timp contactele C şi C' precum şi sudura rece de la B se află la aceeaşi temperatură, prin circuit nu trece curent electric. Cînd însă punctele C şi C' se află la o temperatură diferită decît cea din B, se produce forţa electromotoare termoelectrică bine cunoscută, care este funcţie de diferenţa de temperatură între C şi C' pe de o parte, şi sudura rece pe de alta, şi care dă naştere la curentul din circuit. Intensitatea curentului termoelectric prin circuit, adică indicaţiile galvanometrului G, sînt aceleaşi ca şi în cazul cînd cele două capete C şi C' ar fi sudate, iar sudura s-ar afla la aceeaşi temperatură ca şi corpul A, deoarece, după cum se ştie din experienţă, materialul care face legătura între cele două elemente ale cuplului nu are nici o influenţă asupra forţei electromotoare termoelectrice, dacă se află peste tot la aceeaşi temperatură.

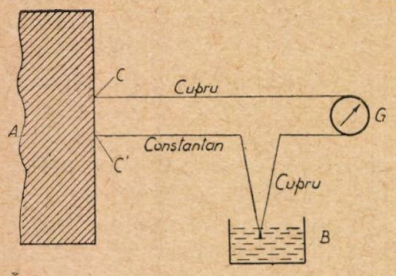


Fig. 1.

Deosebirea între cuplul termoelectric prin sudură şi cuplul prin contact simplu, aşa cum se arată în fig. 1, constă în următoarele: cuplul termoelectric prin contact simplu indică în mod direct şi fidel temperatura de la suprafaţa corpului cercetat, pe cînd cuplul prin sudură, la simpla atingere a lui cu suprafaţa de cercetat, nu dă fidel temperatura acesteia decît numai în cazuri particulare (de ex. tem eratura suprafeţei este aceeaşi ca şi a mediului ambiant), sau numai după ce s-au luat măsuri cu totul deosebite de experimentare. In al doilea rînd c plul prin contact mecanic se pretează mai bine la măsurarea temperaturii suprafeţelor în mişcare, decît cuplurile prin sudură.

Determinări şi rezultate

1. In primul rînd au fost făcute determinări pentru gradarea unui cuplu termoelectric prin contact mecanic şi totodată pentru demonstrarea că indicaţiile lui, în aceleaşi condiţii de temperatură, sînt identice cu ale unui cuplu termoelectric prin sudură alcătuit din aceleaşi materiale. In acest scop au fost construite două cupluri de aceleaşi dimensiuni, din sîrme de oţel şi de constantan, la o parte sudate amîndouă, iar la cealaltă parte unul sudat (sudurile sînt făcute cu staniu) iar al doilea, cu capetele libere. Primele două părţi sudate sînt introduse într-o bae de apă rece, ţinută la temperatură constantă. Ca sursă caldă serveşte o baie de ulei, în care sînt scufundate 4 blocuri, de mărime potrivită, din metalele: oţel, cupru, aluminiu şi alamă. Nivelul uleiului deasupra blocurilor este cel puţin de 2 cm. Blocurile metalice din baie servesc la luarea temperaturii cu cuplul prin contact. Cuplul prin sudură este ţinut permanent în baia de ulei, scufundat pînă la o adîncime de 2-3 cm. Numai suprafaţa blocului de alamă este lustruită; suprafeţele celorlalte trei blocuri au rugozitatea tehnică obişnuită. Capetele libere ale cuplului de contact sînt uşor rotunjite cu pila, şi apoi netezite cu glaspapir. De asemenea aceste capete libere sînt înţepenite pe un mîner de lemn, pentru a se putea opera uşor diversele contacte. Vîrfurile de contact, ţinute în poziţie aproape paralelă, la intervalul de aproximativ 5 mm, ies din mîner pe o lungime de aproximativ 4 cm, astfel încît să nu se introducă şi mînerul în ulei. In ambele băi sînt introduse termometre pentru controlul temperaturii. Baia de ulei este încălzită electric. O apăsare foarte uşoară cu mîna asigură contactele electrice între diferitele blocuri şi capetele C şi C' ale cuplului prin contact mecanic. Inregistrările se fac cu acelaşi milivoltmetru intercalat alternativ în circuitele celor două cupluri cu ajutorul unui comutator. Rezultatele obţinute sînt introduse în tabelul Nr. 1.

In condiţiile de experimentare indicate mai sus, cele patru blocuri din metale diferite au aceeaşi temperatură ca şi baia de ulei. Măsurările au fost făcute atît în timpul procesului de încălzire a băii cît şi a celui de răcire. Din datele conţinute în tabelul Nr. 1 rezultă imediat următoarele:

Tabelul 1

Date privitoare la gradarea cuplului

Temperatura băii reci °C	Temperatura băii calde °C	Indicaţiunile cuplului sudat, div.	Indicaţiunile cuplului prin contact, diviziuni			
			Oţel	Alamă	Aluminiu	Cupru
19	47	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
19,75	62	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
19,75	77	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
19,50	95	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
19,50	150	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
19,50	200	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
19,25	210	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
19	220	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60

a. In limita preciziei de citire a aparatelor întrebuinţate, indicaţiile cuplului termoelectric prin contact sînt identice cu cele ale cuplului prin sudură.

b. In aceeaşi limită de precizie nu au influenţă asupra indicaţiilor nici calitatea suprafeţei blocurilor (adică suprafeţe netede sau rugoase) şi nici natura materialului blocului (rezistivitate mai mare sau mai mică).

2. O a doua serie de cercetări au fost făcute în scopul de a se compara indicaţiile asupra temperaturii de suprafaţă a unei bare de alamă cu cupluri din materiale identice, însă unul prin contact mecanic şi celălalt prin sudură. Experienţele au fost executate cu o bară de alamă, lungă de 120 cm, cu diametrul de 18 mm, cu un capăt încălzit la flacără, iar al doilea aflat într-o baie de răcire. In acest mod, în lungul aceleiaşi bare se pot face determinări la temperaturi diferite. S-a lucrat cu trei cupluri din materiale identice: sîrme de constantan şi de cupru ş.a. două sudate iar al treilea prin contact mecanic (ca în fig. 1). Sudurile reci ale celor trei cupluri se află în aceeaşi baie de răcire. Sudura caldă a unuia din cupluri este numai în atingere cu suprafaţa barei, sudura caldă a celui de-al doilea se află introdusă într-o gaură cu adîncimea de vreo 3 mm, operată în bară, iar capetele cuplului de contact sînt aduse în atingere cu suprafaţa barei; toate cele trei cupluri se află în aceeaşi poziţie în lungul barei. Experienţele sînt făcute la diferite temperaturi de măsură. Indicaţiile sînt citite cu acelaşi milivoltmetru, intercalat pe rînd în circuitul fiecărui cuplu, cu ajutorul unui comutator. Rezultatele obţinute sînt cuprinse în tabela 2.

Tabela 2

Date cu cele trei cupluri

Cuplu sudat la suprafaţă	Cuplu sudat în gaură	Cuplu de contact la suprafaţă
10	11,8	12,5
10,8	12	12,5
20,2	20,8	22,8
24,2	25,2	28,2
28	29	33

Din tabela 2 rezultă că temperaturile arătate de cuplurile prin sudură sînt mai mici decît temperatura indicată de cuplul prin contact mecanic. Explicaţia fenomenului este următoarea. Prin firele cuplului se produce un curent de căldură de la corpul cald către exterior. Cu alte cuvinte, între contactul cuplului cu corpul cald şi un punct oarecare din lungul lui se produce o cădere de temperatură. Această cădere de temperatură are valoarea cea mai mare imediat lîngă contactul cald; ea se produce şi prin masa de sudură. In acest mod, părţile mai îndepărtate ale masei de sudură de la contactul corpului cald se află la o temperatură mai joasă decît temperatura contactului. Din acest motiv o parte a forţei electromotoare termoelectrice ivită la locul de contact între cele două elemente ale cuplului se nivelează prin masa de sudură puţin mai rece, astfel încît intensitatea curentului electric prin galvanometru (milivoltmetru) este mai mică decît cea care corespunde forţei electromotoare la temperatura de la suprafaţa corpului cald. Acest efect se iveşte şi la cuplul prin sudură introdus în găurile operate la suprafaţa barei, dar într-o măsură mai redusă decît la cuplul prin sudură adus numai la atingere cu suprafaţa. De aici se vede că, în condiţiile de experimentare date, valoarea cea mai fidelă a temperaturii de la suprafaţa barei este dată nu de cuplurile prin sudură ci din cuplurile prin contact mecanic simplu, aşa cum au fost descrise mai sus.

Tabela 3 cuprinde sistematic datele obţinute cu 2 cupluri, unul prin sudură, al doilea prin contact, la diferite temperaturi, indicîndu-se şi diferenţa în $^0/_0$ între ele. Evident, diferenţele arătate sînt caracteristice numai

cuplului dat; ele depind de masa sudurei. Cu cît aceasta este mai mare, cu atît sînt mai mari şi diferenţele.

Tabela 3

Date cu cele două cupluri

Temperatura suprafeţei cu cuplul sudat		Temperatura suprafeţei cu cuplul prin contact		Diferenţa de temperaturi	
mV	t°C	mV	t°C	°C	%
0,44	41	0,53	46	5	10,9
0,50	44	0,65	54	10	18,5
0,64	53	0,84	68	15	22
0,68	56	0,87	72	16	22,2
1,25	84	1,76	104	20	19,3
1,35	86	1,85	110	24	21,8
1 58	92	1,98	118	26	22
1,67	98	2,11	126	28	22,2
2,05	123	2,82	166	43	25,9

In tabela 4 sînt date rezultatele obţinute cu cuplurile de contact la o bară în repaus şi la aceeaşi bară în rotaţie, la diferite temperaturi. Apăsarea cuplului la frecare este numai o apăsare uşoară cu mîna.

Tabela 4

Date obţinute cu cuplurile de contact la o bară în repaus şi la o bară în rotaţie

Temperatura barei în repaus		Temperatura barei în rotaţie		Diferenţa de temperaturi	
t°C	Deviaţii	t°C	Deviaţii	°C	%
220	5,10	236	5,6	16	6,8
154	2,70	166	3,1	12	7,2
110	1,70	124	2,0	14	8,8
76	1,25	86	1,4	10	11,6

Tabela 5

Date obţinute cu cuplul sudat şi cuplul de contact la suprafaţa unui corp izolator

Temperatura supraf. cu cuplul sudat		Temperatura supraf. cu cuplul prin contact		Diferenţe de temperaturi	
mV	°C	mV	°C	°C	%
0,57	49	0,77	55	6	10,9
1,08	60	1,32	67	6	9,1
1,10	61	1.44	70	9	12,7

Din aceste date se vede uşor cum se suprapun efectul de frecare asupra temperaturii suprafeţei corpului. Dealtfel, întrucît pentru suprafeţele

în mişcare intervine şi efectul de frecare, autorii au luat în cercetare, în mod deosebit, această problemă.

3. In ce priveşte aplicarea cuplurilor prin contact la măsurarea temperaturii de la suprafaţa corpurilor izolatoare din punct de vedere electric, sau semiizolatoare, acest lucru poate fi realizat prin intermediul unei foiţe matalice foarte subţiri, aplicată la suprafaţa corpului izolator acolo unde se măsoară temperatura. In tabela 5 sînt cuprinse datele obţinute la măsurarea temperaturii de suprafaţă a unei cărămizi cu un cuplu prin sudură şi cu un cuplu prin contact, cu ajutorul foiţei metalice. Cele două cupluri sînt făcute din materiale identice.

4. In concluzie, din faptele experimentale descrise rezultă că la măsurarea temperaturilor de suprafaţă ale corpurilor, indicaţiile date de cuplurile prin contact, propuse de autori, sînt mai fidele şi se obţin mai uşor, decît cele date de cuplurile prin sudură.

Catedra de Termotehnică

BIBLIOGRAFIE

1. Фокин О. В., Вестник машиностроения, No 2, 1953, стр. 73-75
2. Попов М. М., **Термометрия и колориметрия**, Изд. Моск. Унив., 1954, стр. 92-95.

О ГРАДУИРОВАНИИ И О ВОЗМОЖНОСТИ УПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕРМОПАР С МЕХАНИЧЕСКИМ ИЛИ ФРИКЦИОННЫМ КОНТАКТОМ

(Краткое содержание)

Под термопарой с механическим или фрикционным контактом, подразумевается термопара, горячий спай которой, т. е. сварка указывающая измеряемую температуру,—заменена простым контактом каждого из несопригаемых элементов термопары.

В своих исследованиях авторы пользовались термопарами из стальной и константановой проволоки различных диаметров.

Были получены следующие результаты:

1. Исследованиями, произведенными над четырьмя металлическими слитками: из меди, алюминия, железа и латуни, погружёнными в масляную ванну, причём один из слитков (из латуни) со шлифованной поверхностью, а остальные три с обычной технической шероховатостью,—было установлено, что две одинаковые термопары, из которых одна спаянная, а другая с контактом, дают одинаковые показания, т. е. никакого влияния не имеют на т. э. д. с. ни вид контакта, ни расстояние между двумя элементами контакта с массой данного тела (таблица 1).

2. Исследования, проведенные для определения температуры поверхности стержня в состоянии покоя при помощи трёх термопар, из которых одна с горячей спайкой, находится в контакте с поверхностью стержня, другая тоже с горячей спайкой, — внесена в углубление в 3 мм. изготовленное на поверхности стержня и третья термопара с механическим контактом, показали, что при одних и тех же тепловых условиях, термопары с механическим контактом показывают наибольшие значения температур, термопары сваренныя и утопленные—более низкие значения, а термопары сваренные, находящиеся только в кантакте (прижимающиеся) с

исследуемой поверхностью показывают наименьшие значения температур. (Таблица 2).

В некоторых случаях разность между показаниями спаянной термопары и термопары с механическим контактом может достигнуть 25%, как это показано в таблице 3, в особенности при повышенных температурах. Объясняется это тем, что из-за падения температуры, между местом контакта с измеряемой поверхностью и остальной наваренной массой термопар, термоэлектродвижущая сила затухает в металлической массе сварки, так что только часть тока т. э. д. с. поверхности доходит до измерительного прибора.

3. Исследованием произведенным для определения температуры вращающегося металлического стержня, установлено, что, благодаря трению, термопары зарегистрировали добавочную температуру. Реальная температура поверхности была показана, когда стержень находился в состоянии покоя. (Таблица 4),

4. Температуру поверхности изоляционных тел можно измерить при помощи термопар с механическим контактом употребляя, как массу для контакта, очень тонкий металлический лист, наложенный на поверхность изоляционного тела.

Сравнительные данные, полученные при помощи термопар с контактом и со сваркой, показаны в таблице 5.

На основании этих опытов, авторами доказано, что измерение температуры поверхности тела производится более точно при помощи термопар с механическим контактом, чем со сваренными термопарами.

ÜBER DAS EICHEN UND DIE ANWENDBARKEIT DER THERMOELEMENTE MIT MECHANISCHEM KONTAKT UND REIBUNGSKONTAKT DER DRAHTENDEN

(Zusammenfassung)

Als Thermoelemente mit mechanischem oder Reibungskontakt werden diejenige Thermoelemente bezeichnet, bei denen die warme Lötstelle, bzw. die zu messende Temperatur aufnehmende Lötstelle mit den einfachen Berührungskontakten der zwei abgesonderten Drahtenden des Elementes ersetzt wird. Es werden Thermoelemente aus Stahl-und Konstantandrähten verschiedener Stärke angewendet, mit den folgenden Ergebnissen:

1. Die Untersuchungen an 4, in demselben Ölbade eingetauchten Metallstücken. nähmlich aus Kupfer, Aluminium, Stahl und Messing, der Messingblock mit glattgeschliffener Oberfläche, die anderen mit Oberflächen gewöhnlicher technischen Rauheit, — mit zwei sonst identischen Thermoelementen, das eine mit gewöhnlicher Lötstelle, das andere mit einfachen verschieden abgesonderten Kontakten der Drahtenden am Messpunkte, — geben identische Zeigerabweichungen für dieselbe Temperatur an. Dies bedeutet, dass die Art des Kontaktes mit der Messoberfläche, sowie der Abstand der zwei Kontaktdrahtenden untereinander, keinen Einfluss auf die Temperaturmessugen haben (Tabelle 1).

2. Die Temperaturmessungen an der Oberfläche einer ruhenden Messingstange mittels drei Thermoelemente, — das erste mit der Messlötstelle in einfacher Berührung an der Stangenoberflöche, das zweite

mit der Messlötstelle in einem 3 mm tiefen, an derselben Oberfläche ausgeführten Loche hineingesteckt, das dritte mit den abgesonderten Drahtenden im einfachen mechanischen Kontakt an der Oberfläche — in denselben thermischen Bedingungen — ergeben: die grössten Temperaturwerte zeigt das Thermoelement mit mechanischem Kontakt an; kleinere Temperaturwerte gibt das mit der eingesteckten Messlötstelle Thermoelement an; die kleinsten Werte werden von dem mit der Messlötstelle in Berührung stehenden Thermoelement angezeigt (Tabelle 2).

In besonderen Fällen steigt der Unterschied zwischen den Angaben des gelöteten und denen des mit mechanischem Kontakt arbeitenden Thermoelementes, insbesondere bei höheren Temperaturen, bis auf 25% empor, wie es in Tab. 3 angegeben wird. Die Erklärung dieser Unterschieden besteht in der Tatsache, dass, wegen des Temperaturgefälles zwischen der Kontaktstelle an der zu messenden Oberfläche und den entfernteren Punkten der Lötmasse, die elektromotorische Thermokraft eben durch die kälteren Teilen dieser Lötmasse teilweise ausgeglichen wird; damit stellt der elektrische Strom durch den Messapparat nur einen Bruchteil des der ganzen elektromotorischen Thermokraft entsprechenden Stromes dar.

3. Die Thermoelemente mit mechanischem Kontakt der abgesonderten Drahtenden werden erfolgreich als Thermoelemente mit Reibungskontakt für die Bestimmung der Oberflächentemperatur drehender Kőrper (bzw. Stangen) angewendet. Doch, wie aus der Tabelle 4 zu ersehen ist, zeigen die Bestimmungen an der Oberfläche einer drehenden Metallstange Temperaturüberschüsse an, die der Reibung zu zuschreiben sind. Die wirckliche Temperatur der betreffenden Oberfläche wurde an der ruhenden Stange gemessen.

4. Das Thermoelement mit mechanischem Kontakt wird vorteilhaft auch für die Temperaturbestimmung der Oberflächen der elektrisch nicht leitenden Kőrper angewendet. Der metallische Kontakt zwischen den abgesonderten Drahtenden des Thermoelementes wird, in diesem Falle, aus dünnen, an die Körperoberfläche gepressten, Metallblättchen hergestellt. In Tab. 4 kann man die von einem Thermoelement mit mechanischem Kontakt und einem mit Lőtkontakt angegeben Temperaturen an der Oberfläche eines Ziegels vergleichen.

Die Verfasser beweisen mit den vorliegenden Versuchen, dass die Temperatur an der Oberfläche der Kőrper wahrheitsgetreuer mittels Thermoelemente mit mechanischem Kontakt der abgesonderten Drahtenden, als mit gelöteten Thermoelemente, gemesen werden kann.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢII LA CALCULUL LA OBOSEALA ÎN CONSTRUCŢIA DE MAŞINI [1])

DE

N. G. POPINCEANU, D. E. ŞERBAN şi I. M. CRUDU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Lucrarea de faţă aduce contribuţii în scopul de a face mai accesibil calculul la oboseală în construcţia de maşini.

Se spune că materialul dintr-o piesă solicitată variabil, oboseşte; aceeaşi piesă se rupe, în acest caz, la o sarcină mai mică decît atunci cînd este solicitată static. Nu este cazul de a insista aici asupra teoriilor care explică distrugerea materialului prin oboseală; se vor examina numai constatările făcute pe bază de experienţe, măsurători şi cercetări şi se vor sintetiza rezultatele lor, în cît mai puţine diagrame şi tabele, pentru a fi folosite cu uşurinţă în calculele de proiectare. Dacă încercările la oboseală datează de multă vreme — deşi în toate ţările se fac incontinuu cercetări pentru a definitiva rezultatele necesare calculului — calculul la oboseală în construcţia de maşini este, relativ, nou; în tratatele apărute mai recent, calculul organelor de maşini se face numai pe baza lui, încît orice inginer trebuie să-l poată mînui la fel cum mînueşte calculul clasic.

Fenomenul de rupere prin oboseală, a fost constatat încă acum mai bine de 100 ani, cînd Wöhler [1], [2] a dat o curbă (fig. 1) ce este de bază pentru încercarea la oboseală a materialelor.

Din fig. 1, se constată că există un efort variabil, denumit „efort limită la oboseală", la care piesa încercată nu se rupe oricît de mare ar fi N, numărul de cicluri de solicitare şi aceasta se numeşte *rezistenţa la oboseală*.

La eforturi mai mari piesa se rupe la un număr finit N_1 de cicluri de solicitare şi efortul corespunzător este tot o rezistenţă la oboseală, putînd fi numită *rezistenţă la durabilitate* [3].

Pentru a determina caracteristicile de rezistenţă la oboseală a unui material, — (sub denumirea de material, se înţelege în primul rînd un metal, de oarece metalele intervin în primul rînd în construcţia de maşini)—ar trebui trasate prin încercări, un număr impresionant de curbe Wöhler, pentru a afla la fiecare fel de ciclu de solicitare, rezistenţa la oboseală. In fig. 2, sînt arătate schematic felul ciclurilor de solicitări, respectiv de eforturi [4], [5], [6].

Se vor deosebi atîtea rezistenţe la oboseală cîte feluri de cicluri

---

1) Tabele şi curbe de sinteză asemănătoare cu cele din prezenta lucrare, însă mai puţin exacte şi incomplete au fost litografiate pentru strictul uz al studenţilor, la Litografia Învăţămîntului, unitatea Iaşi.

sînt; cum felul ciclurilor este infinit de mare ar însemna să existe un număr infinit de mare de rezistenţe la oboseală pentru acelaşi material. Rezultă că definiţia dată mai înainte, va trebui completată. Rezistenţa la oboseală a unui material este influenţată de o serie de factori din care unii o fac să fie mai scăzută, alţii o măresc. Factorii principali ce

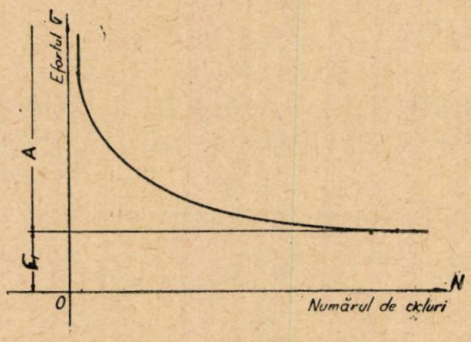


Fig. 1. Curba lui Wöhler,
σ_{-1} — efortul limită la oboseală; A — domeniul eforturilor ce produc ruperea prin oboseală la un anumit număr N_1 de cicluri

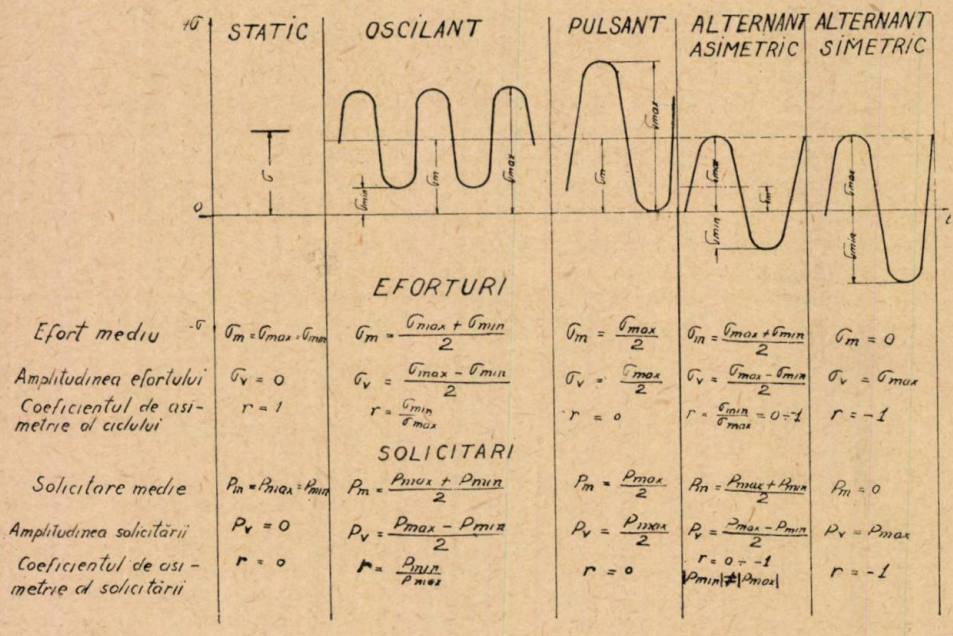


Fig. 2. Cicluri de eforturi, respectiv de solicitări

micşorează sau măresc rezistenţa la oboseală a unui metal şi în primul rînd a unui oţel, sînt: felul solicitării, dimensiunea absolută a pieselor, calitatea suprafeţei, concentratorii de eforturi (crestături, filete, şanţuri

de pană, bucșe presate, găuri transversale, schimbări de secțiuni cu sau fără racordări, etc.), felul materialului însuși, mediul coroziv, acoperirile și tratamentele de suprafață, etc.

Efortul cel mai periculos este efortul alternant simetric și cel mai puțin periculos, este cel static. In aceste condiții, rezistența la oboseală se definește în modul următor.

Rezistența la oboseală a unui oțel este efortul limită maxim alternant simetric la care o epruvetă cu $d = 10$ mm, polizată, încercată în aer uscat, la temperatura de $+ 20°C$, nu se rupe, oricît de mare ar fi numărul N de cicluri de solicitare.

La oțelurile carbon, numărul de cicluri de solicitare, după experiențele făcute, este suficient $N = 3.10^6$.

Astfel, după definiția de mai sus se vor deosebi:

— σ_{-1}, rezistența la oboseală de încovoiere la ciclul alternant simetric sau mai pe scurt rezistența la oboseală de încovoiere.

— σ_{-1t}, rezistența la oboseală de tracțiune-compresiune.

— τ_{-1}, rezistența la oboseală de torsiune, etc.

Alte noțiuni importante în calculul la oboseală și în trasarea diagramelor de rezistență la oboseală sînt:

— σ_0, rezistența la oboseală de încovoiere la ciclul pulsant.

— σ_{0t}, rezistența la oboseală de întindere-compresiune la ciclul pulsant.

— τ_0, rezistența la oboseală de torsiune la ciclul pulsant.

— $\sigma_c, \tau_c, \sigma_{ic}$, limitele de curgere ale oțelurilor la tracțiune-compresiune, torsiune și încovoiere la solicitări statice.

— $\sigma_r, \tau_r, \sigma_{ir}$, limitele de rupere ale oțelurilor la tracțiune-compresiune, torsiune și încovoiere, la solicitări statice.

Pentru oțelurile noastre standardizate, încă nu au apărut tabele de rezistențe la oboseală și nici cu valori τ_c sau σ_{ic}, de aceea pentru ușurarea calculului s-au întocmit tab. I și tab. II de corespondență a oțelurilor carbon STAS, GOST, DIN, după literatura tehnică existentă și după documentația uzinelor constructoare de mașini din țară [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

De oarece în multe cazuri nu există date asupra valorilor amintite mai sus, s-a întocmit tab. III, după aceeași documentație ca și Tab. I, cuprinzînd relații aproximative care permit calcularea valorilor necunoscute, cu ajutorul celor cunoscute, la oțelurile carbon.

Asupra rezistenței la oboseală s-au studiat influențele amintite și au rezultat în urma încercărilor făcute o serie de date numerice sub formă de curbe, tabele și o serie de relații, cu ajutorul cărora se determină rezistența și se face calculul la oboseală.

In cele ce urmează se vor studia și sintetiza:

1. Rezistența la oboseală de încovoiere la bare rotunde, adică la osii și arbori, cu diverși concentratori mai des întîlniți în practică, din oțeluri carbon,

2. Idem, pentru rezistența la oboseală de torsiune.

3. Idem, pentru rezistența la oboseală de tracțiune-compresiune la diverse piese.

4. Considerații asupra alegerii și a calculului coeficientului de siguranță.

La aceste feluri de solicitări și oțeluri există date cît se poate de complete, încît se pretează a fi sintetizate cu scopul de a face cît mai accesibil calculul la oboseală. Se va explica cum au fost trasate curbele de sinteză de pe fig. 13, 17 și 23 pentru rezistența la oboseală de încovoiere, torsiune și tracțiune-compresiune, metoda de calcul și de trasare a lor fiind analoagă.

Tabelul I

Echivalențe după STAS, GOST și DIN, pentru oțeluri carbon obișnuit prelucrat la cald și caracteristici mecanice la solicitări statice și variabile.

[6, p. 6], [7, pp. 44-45], [9], [10], [11, p. 252] și STAS 500-49.

Simboluri			Rezistența de rupere σ_r kg/mm²			Limita de curgere kg/mm²			Rezistența la oboseală în kg/mm²					
									Încovoiere		Torsiune		Tracțiune — compres.	
STAS	GOST	DIN	STAS	GOST	DIN	σ_c	σ_{ci}	τ_c	σ_{-1}	σ_0	τ_{-1}	τ_0	σ_{-1t}	σ_{0t}
OL 00	$\frac{Ct0c}{Ct_1}$	St.00.11	Sub 50	$\frac{32 \div 47}{32 \div 40}$	Sub 50									
OL 34	Ct_2	St.34.11	34 ÷ 42 (38)	34 ÷ 42	34 ÷ 42	19								
OL 38	Ct_3	St.37.11	38 ÷ 47 (42)	38 ÷ 40 41 ÷ 43 44 ÷ 47	37 ÷ 45	22	26	14	17 17	30	10 10	20	12 12	22
OL 42	Ct_4	St.42.11	42 ÷ 52 (47)	42 ÷ 44 45 ÷ 48 49 ÷ 52	42 ÷ 50	24	30	16,5	18,5 19 18	35	11,5 11	23	13,5 13,5	25 24,5
OL 50	Ct_5	St.50.11	50 ÷ 60 (55)	50 ÷ 53 54 ÷ 57 58 ÷ 62	50 ÷ 60	27	37	19	24 24 25	44	14 14	26	19	34 32
OL 60	Ct_6	St.60.11	60 ÷ 70 (65)	60 ÷ 63 64 ÷ 67 68 ÷ 72	60 ÷ 70	30	43	22	27,5 28	47	15 16	30	20 20	36 36
OL 70	Ct_7	St.70.11	70 ÷ 85 (77)	70 ÷ 74 75 ÷ 79 80 și mai mult	70 ÷ 85	35	50	26	32,5 32	52	19 19	38	23 23	41 40

Tabelul II

Echivalențe după STAS, GOST și DIN, pentru oțeluri carbon de calitate prelucrat la cald și caracteristici mecanice la solicitări statice și variabile.

[5, p. 51], [6], [7, p. 284], [9], [10], [11], [18].

Simboluri			Tratamente termice	Rezistența la rupere σ_r kg|mm²			Limita de curgere kg|mm²			Rezistențe la oboseală kg|mm²					
										Încovoiere		Torsiune		Tracțiune — compres.	
STAS	GOST	DIN		STAS	GOST	DIN	σ_c	σ_{ci}	τ_c	σ_{-1}	σ_0	τ_{-1}	τ	σ_{-1t}	σ_{0t}
OL c10	10	C 10	Normalizat	38	32		18 ÷ 21	22	11	16	24	8	15	10	15
OL c16	15	C 15	Normalizat	42	35		21 — 23	24	13						
	20		Normalizat		40		24	26	15	18	27	10	19	15	22,5
OL c25	25	C 22 (St.C2561)	Normalizat	42 ÷ 50	43		26	28	16,5	18		10	19	15	22,5
			Îmbunătățit	47 ÷ 55	—		28								
	30		Normalizat		48		28	30	18,5	19 ÷ 23	28 ÷ 34	11	21	16	24
OL c35	35	C 35 (St.C3561)	Normalizat	50 ÷ 60	52		30	33	19,5	20	30	12	23	16,5	24,8
			Îmbunătățit	55 ÷ 65		60 ÷ 72	33								
	40		Normalizat		57		32	36	21	21,5	32	13	25	18	27
OL c45	45	C 45 (St.C4561)	Normalizat	60 ÷ 70	60		34	38	22,5	23 ÷ 30	34 ÷ 45	14	26,6	19	28,5
			Îmbunătățit	65 ÷ 75		65 — 80	39								
	50		Normalizat		63		35	41	24	27	40	17	32	24,5	36,8
OL c60	60	C 60 (St. 60.61)	Normalizat	70 ÷ 80	65		40			27	40	16	30	22	33
			Îmbunătățit	75 ÷ 90	—	75 ÷ 90	45								

Observație: Simbolurile în paranteză sînt după DIN E 1667.

Tabelul III

Relaţii pentru determinarea caracteristicilor de rezistenţă statică şi la oboseală pentru oţeluri carbon [6, p. 54], [7, pp. 26-29], [16], [17, pp. 28-29]

Tracţiune-compresiune			Încovoiere			Torsiune		
Alternant simetric σ_{-1t}	Pulsant σ_{0t}	Limita de curgere σ_c	Alternant simetric σ_{-1}	Pulsnnt σ_0	Limita de curg. σ_{ci}	Alternant simet. τ_{-1}	Pulsant τ_0	Limita de curg. τ_c
$0{,}513\ \sigma_r$	$1{,}8\ \sigma_{-t}$	$(9{,}52 \div 0{,}55)\sigma_r$	$0{,}45\sigma_r$	$1{,}8\ \sigma_{-1}$	$1{,}15\ \sigma_c$	$0{,}58\ \sigma_{-1}$	$1{,}9\ \tau_{-1}$	$0{,}6\sigma_c$
$0{,}7\sigma_{-1}$	$1{,}5\ \sigma_{-1t}$		$0{,}35\sigma_r + 12{,}2$ kg/mm²	$1{,}5\ \sigma_{-1}$	$1{,}2\sigma_c$	$(0{,}54 \div 0{,}58)\ \sigma_{-1}$	$(1{,}8 \div 1)\tau_{-1}$	$0{,}63\ \sigma_c$
$(0{,}7 \div 0{,}8)\ \sigma_{-1}$	$0{,}52\ \sigma_r$		$0{,}25(\sigma_c + \sigma_r) + 5$ kg/mm²	$0{,}6\sigma_r$		$0{,}22\ \sigma_r$	$0{,}32\ \sigma_r$	
$(0{,}7 \div 0{,}8)\ \sigma_{-1}$			$0{,}27\sigma_r + 18{,}5$ kg/mm²					
$0{,}36\sigma_r$			$0{,}3\sigma_r + 7$ kg/mm²					

1. Rezistenţa la oboseală de încovoiere la osii şi arbori din oţel carbon.

Influenţele asupra rezistenţei la oboseală de încovoiere σ_{-1} (pentru oţeluri carbon din tab. I şi II) sînt arătate sub forma de factori numerici de calcul în fig. 3 ÷ 12. Cu ajutorul acestor figuri şi cu relaţiile indicate la fiecare caz în parte, s-au trasat curbele de sinteză de pe fig. 13 şi s-au întocmit tab. V, VI şi VII.

a) Osii şi arbori fără cocentratori

Curba 1 s-a trasat cu ajutorul tab. I şi II, verificîndu-se cu această ocazie şi relaţiile din tab. III; fiecare punct al ei reprezintă rezistenţa la oboseală de încovoiere, pentru oţelurile cu rezistenţa la rupere σ_r de pe abscisa figurii.

Curbele 2, 4, 9 şi 13 reprezintă valorile rezistenţelor la oboseala de încovoiere, $(\sigma_{-1})\delta$, a aceleiaşi piese cu $d = 10$ mm, însă cu alte calităţi ale suprafeţei. Din experienţă se ştie că, cu cît calitatea suprafeţei este mai puţin fină, cu atît rezistenţa la oboseală este mai mică. Pentru trasarea acestor curbe s-au folosit valorile σ_{-1} de pe curba 1, (fig. 13), coeficienţii δ corespunzători, de micşorare a rezistenţei la oboseala de încovoiere de pe curbele 2, 3, 4 şi 5 din fig. 3 şi relaţia [1, p. 29]:

(1) $$(\sigma_{-1})_\delta = \frac{\sigma_{-1}}{\delta}.$$

b) *Osii și arbori cu racordări*

Curbele 3, 5, 6, 7, 10 și 11 de pe fig. 13 reprezintă rezistența la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})_k$ pentru osii și arbori cu $d = 10$ mm, cu racordări, având:

$$C_0 = \frac{D}{d} = 2$$

și rapoarte $\frac{r}{d}$ mai des întîlnite în practică.

Pentru trasare s-au folosit valorile $(\sigma_{-1})_k$ calculate cu relația:

(2) $$(\sigma_{-1})_k = \frac{\sigma_{-1}}{K_0 \cdot \xi_1} = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma}$$

în care: σ_{-1} se ia de pe curba 1 (fig. 13), K_0 se ia de pe curba 4 (fig. 4), ξ_1 se ia de pe curbele din fig. 5.

Pentru a afla rezistența la oboseală $(\sigma_{-1})'_k$ pentru $c = \frac{D}{d} < 2$ și aceleași rapoarte $\frac{r}{d}$ se folosește relația:

(3) $$(\sigma_{-1})'_k = \frac{\sigma_{-1}}{K'_\sigma}$$

în care $K'_\sigma = 1 + \xi_2 (K_\sigma - 1)$, cu ξ_2 din fig. 6 [7, p. 67].

Cu valorile lui $(\sigma_{-1})'_k$ din relația (3) s-ar fi putut trasa o altă serie de curbe care ar fi făcut ca fig. 13 să fie prea încărcată. Pentru a evita trasarea altor curbe, s-a întocmit tab. V în care coeficientul ξ_3 s-a determinat cu relația:

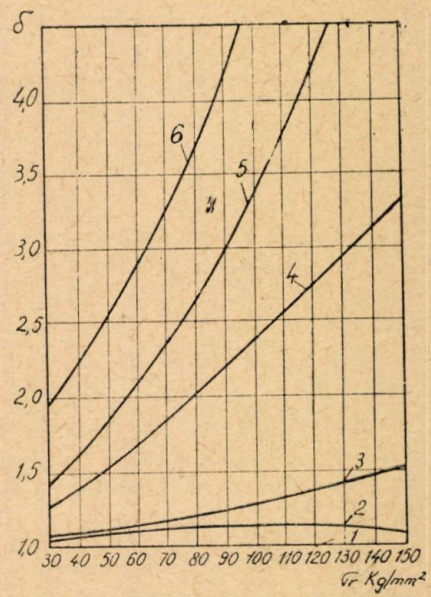


Fig. 3. Influența calității suprafeței asupra limitei de rezistență la oboseala de încovoiere. 1. Polizat; 2. Șlefuit fin; 3. Degroșat; 4. Cu crustă de forjare; 5. Corodat în apă potabilă; 6. Corodat în apă sărată. [1, anexa 18]

(4) $$\xi_3 = \frac{(\sigma_{-1})'_k}{(\sigma_{-1})_k} = \frac{\frac{\sigma_{-1}}{K'_\sigma}}{\frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma}} = \frac{K_\sigma}{K'_\sigma},$$

de unde

(5) $$(\sigma_{-1})'_k = (\sigma_{-1})_k \cdot \xi_3.$$

Deci pentru a afla rezistența la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})'_k$ la piese cu racordări și cu rapoarte $\frac{D}{d} < 2$ se iau rezistențele la oboseală $(\sigma_{-1})_k$ (pentru $\frac{D}{d} = 2$ și un anumit raport $\frac{r}{d}$) de pe curbele din fig. 13 și se înmulțesc cu coeficienții ξ_3 din tab. V corespunzători raportului $c = \frac{D}{d} < 2$ fixat, și același raport $\frac{r}{d}$.

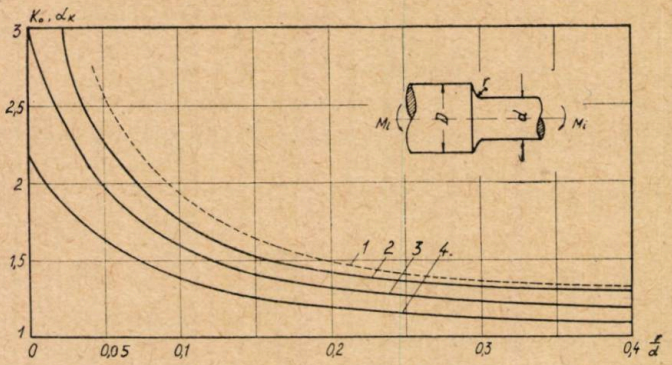


Fig. 4. Coeficienţii K_0 la bare din oţel carbon de secţiune circulară cu racordarea solicitată la încovoiere, avînd [7, p. 71] şi [20, p. 166],

$$C_0 = \frac{D}{d} = 2$$

1. α_k,
2. K_0, pentru oţel aliat cu $\sigma_r = (120-140)$ kg/mm², $d = (30 \div 50)$ mm,
3. K_0, pentru oţel aliat avînd $(d = 7 \div 16)$ mm valabile şi pentru oţel carbon cu $\sigma_r = 50$ kg/mm², $d = (30 \div 50)$ mm,
4. K_0, pentru oţel carbon cu $\sigma_r = 50$ kg/mm² $d = (7 \div 16)$ mm

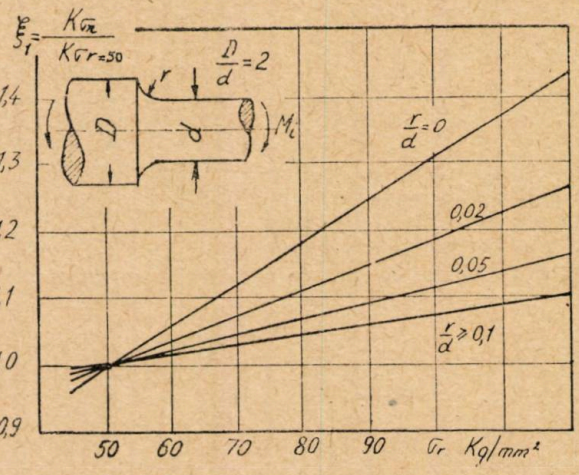


Fig. 5. Coeficienţii ξ_1 pentru determinarea lui $K_\sigma = K_0 \xi_1$ din relaţia (2) la oţeluri cu $\sigma_r \neq 50$ kg/mm² [7, p. 72]

c) *Osii şi arbori cu canale de pană*

Curba 14 de pe fig. 13 reprezintă rezistenţa la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})_k$, a osiilor şi a arborilor cu canale de pană. Pentru trasarea ei s-au folosit valorile lui K_0 din fig. 7 şi relaţia :

(6) $$(\sigma_{-1})_k = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_0 \frac{\gamma_{30}}{\gamma_{k30}}}$$

în care γ_{k30} și γ_{30} sînt coeficienții dimensionali din fig. 12 la piese cu și fără concentratori și $d = 30$ mm.

d) *Osii și arbori cu găuri transversale*

Curba 8 din fig. 13 reprezintă rezistența la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})_k$ pentru osii și arbori cu găuri transversale, calculate cu relația:

(7) $$(\sigma_{-1})_k = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma}$$

în care σ_{-1} se ia de pe curba 1 (fig. 13) și K_0 se ia de pe curba 3 (fig. 8).

e) *Osii și arbori cu bucșe presate*

Curba 12 din fig. 13 reprezintă rezistența la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})_k$ la osii și arbori cu bucșe presate, cu presiunea de contact $p \geq 3$ Kg/mm².

La trasarea ei s-a folosit relația:

(8) $$(\sigma_{-1})_k = \frac{\sigma_-}{K_0 . K''} = \frac{\sigma_{-1}}{\left(\frac{K_\sigma}{\epsilon}\right)_0 K''} = \frac{\sigma_{-1}}{1{,}85 . K''}$$

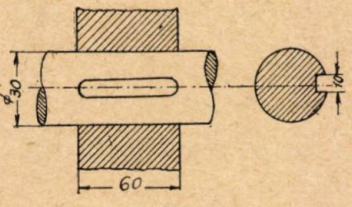


Fig. 6. Coeficientul ξ_2 pentru diferite rapoarte $C = \frac{D}{d} < 2$ [20, p, 166].
1. — încovoiere; 2. — torsiune

σ_r Kg/mm²	37	43	59	82
σ_c Kg/mm²	25	26	36	75
σ_{-1} Kg/mm²	17	19	24	37
K_0 Kg/mm²	2,45	2,4	3,2	4,35

Fig. 7. Coeficientul K_0 pentru osii și arbori cu canale de pană solicitați la încovoiere [5, p. 298]

în care: $K_0 = \left(\frac{K_\sigma}{\epsilon}\right)_0 = 1{,}85$ s-a luat din fig. 9 sau din tab. IV, pentru $d = (12 \div 14)$ mm și oțel cu $\sigma_r = 50$ kg/mm², presiunea de contact $p \geq 3$ kg/mm².

Valorile din relația (8) s-au considerat valabile și pentru epruveta cu $d = 10$ mm.

Se constată că $\frac{K_\sigma}{\epsilon}$ din tab. IV reprezintă:

$$\frac{K_\sigma}{\epsilon} = K_0 . K'' . \gamma_k$$

în care $K_0 = 1{,}85$. K'' după fig. 10 şi γ_k după fig. 12 sau tab. III pentru $K > 2$.

Pentru presiuni $p < 3$ kg/mm² valorile $(\sigma_{-1})_k$ de pe curba 12 se vor împărţi la coeficientul K' din fig. 11 sau din tab. VI şi deci :

$$(8') \qquad (\sigma_{-1})'_k = \frac{\sigma_{-1}}{K_0 . K' . K''} = \frac{(\sigma_{-1})_k}{K'} .$$

Tabela IV

Valori pentru $\frac{K_\sigma}{\epsilon}$ *la arbori cu piese presate transmiţînd forţe* [19 p. 5]

σ_r kg/mm²	d in mm.					
	14	22	30	40	50	100-200
40	1,75	2,00	2,25	2,50	2,80	2,85
50	1,85	2,15	2,35	2,60	2,90	3,40
60	2,00	3,35	2,60	2,70	3,30	3,50
70	2,30	2,60	2,80	3,20	3,60	3,70
80	2,60	3,00	3,30	3,65	4 00	—
90	3,00	3,40	3,80	4,20	4,50	—
100	3,30	3,80	4,20	4,60	4,80	—
110	3,70	4,20	4,60	5,10	5,30	—
120	4,10	4,80	5,20	5,60	5,70	—

Rezistenţa la oboseală de pe curbele din fig. 13. eventual corijate cu valorile lui K' din tab. VI sau cu ξ_3 din tab. V acolo unde este cazul, se înţelege pentru bare cu $d = 10$ mm.

Pentru a afla rezistenţa la oboseală de încovoiere $(\sigma_{-1})_{kd}$ a unei piese cu $d > 10$ mm, rezistenţa la oboseala de încovoiere $(\sigma_{-1})_k$ de pe curbele din fig. 13, se împarte la coeficientul dimensional $\gamma = \frac{1}{\epsilon_0}$ sau $\gamma_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}}$ din tab. VII întocmită cu ajutorul fig. 12, deoarece pentru piese fără concentratori se poate scrie :

$$(9) \qquad (\sigma_{-1})_d = \frac{\sigma_{-1}}{\gamma}$$

iar pentru piese cu concentratori:

$$(9') \qquad (\sigma_{-1})_{kd} = \frac{(\sigma_{-1})_k}{\gamma_k}$$

în care γ_k se ia pentru $K \leq 2$ respectiv pentru $K > 2$.

Curbele de pe fig. 13 care dau rezistența la oboseala de încovoiere la osii și arbori cu concentratori, au fost trasate fără a ține seamă de coeficientul de micșorare a rezistenței la oboseală datorită calității suprafeței. Cu această ocazie se pune problema dacă la piese la care coeficientul de concentrare K_σ este cu mult mai mare decît coeficientul de calitate δ al suprafeței, mai trebuie să se facă corecția de calitate. Unele tratate recomandă să se facă și această corecție chiar la piese cu concentratori, altele, după cum reiese din diagramele lor, nu țin cont de coeficientul δ la piese cu concentratori.

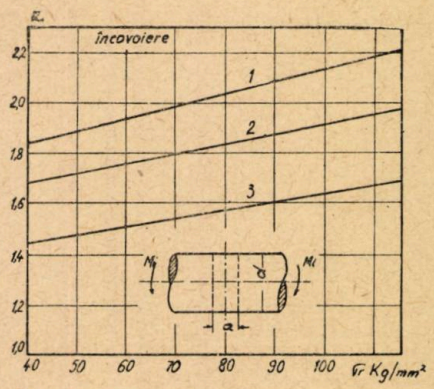


Fig. 8. Variația coeficientului K_0, în funcție de rezistența oțelului, pentru bare de secțiune circulară cu găuri transversale, solicitate la încovoiere [7, p, 90]

Avînd în vedere că teoriile care explică ruperea prin oboseală nu sînt încă mulțumitoare și că încă se cercetează cauzele, se pot recomanda următoarele:

1. Cînd se suprapune în adevăr, influența calității suprafeței piesei în secțiunea respectivă cu influența concentratorului, (cum ar fi, de exemplu, la osii și arbori cu canale de pană, la osii și arbori cu găuri transversale sau cu concentratori ce nu înconjoară de jur împrejur piesa

1. $\frac{a}{d} = 0{,}05 \div 0{,}1$; $d = 40 \div 50$ mm.
2. $\frac{a}{d} = 0{,}15 \div 0{,}25$; $d = 40 \div 50$ mm.
3. $\frac{a}{d} = 0{,}15 \div 0{,}25$; $d = 6 \div 8$ mm.

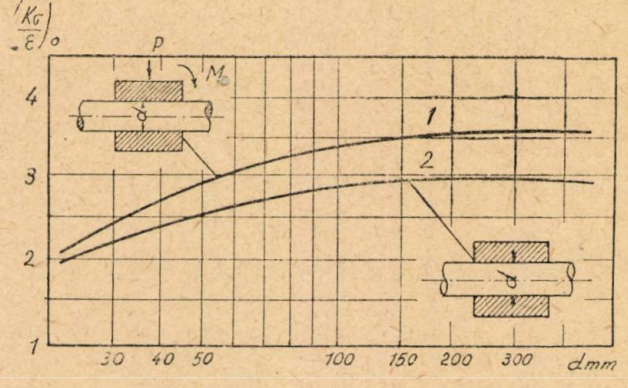


Fig. 9. Valoarea raportului $\left(\frac{K_\sigma}{\epsilon}\right)_0$ pentru arbori cu piese presate solicitați la încovoiere din oțel cu $\sigma_r = 50$ kg/mm² și $p \geqq 3$ kg/mm²
1. Piesa presată transmite o forță sau un moment. 2. Piesa presată nu transmite [20, p. 168]

în o anumită secţiune), se ţine seamă de coeficientul δ corespunzător calităţii suprafeţei, fie a piesei fie a concentratorului, luîndu-se în calcul valoarea cea mai mare.

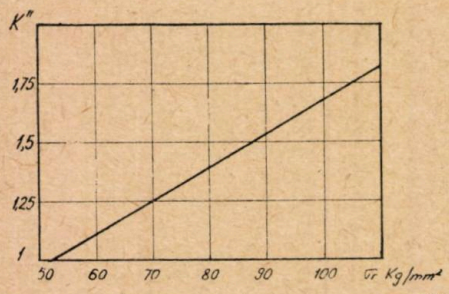


Fig. 10. Coeficientul de corecţie K'' pentru modificarea valorii K_0, atunci cînd arborele este din alt oţel decît cu $\sigma_r = 50$ kg/mm² [20, p. 168]

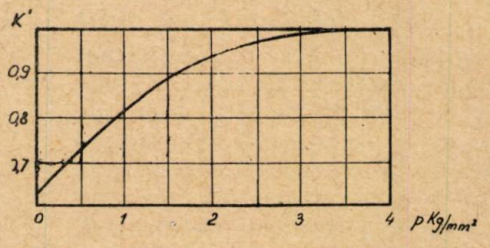


Fig. 11. Coeficientul de corecţie K' pentru piese presate cu $p < 3$ kg/mm² [20, p. 168]

2. Cînd concentratorul înconjoară piesa de jur împrejur în secţiunea de calcul şi suprafaţa concentratorului este polizată, este clar că influenţa calităţii suprafeţei (δ), nu se ia în considerare. Cînd însă se specifică la aceste tipuri de concentratori că au calitatea suprafeţei mai

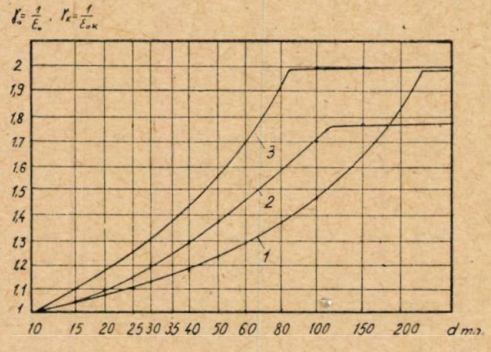


Fig. 12. Coeficientul dimensional $\gamma_0 = \frac{1}{\epsilon_0}$ şi $\gamma_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}}$ [5, p. 296]

1. $\gamma_0 = \frac{1}{\epsilon_0}$ pentru bare din oţel carbon fără concentratori;

2. $\gamma_0 = \frac{1}{\epsilon_0}$ pentru bare fără concentratori din oţel aliat cu $\sigma_r = (120 \div 200)$ kg/mm² şi $\gamma_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}}$ pentru oţeluri carbon cu concentratori ($K \leq 2$).

3. $\gamma_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}}$ pentru bare din oţel carbon şi aliate cu concentrări mai importante.

puțin fină, atunci se ține seamă de influența corespunzătoare a lui δ căci în adevăr se suprapune cu influența concentratorului. Acesta ar fi cazul osiilor și arborilor cu racordări și cu piese presate, dacă suprafețele în contact nu sînt polizate.

Valorile lui δ și ale lui K_σ se pot determina din fig. 13 prin împărțirea valorii σ_{-1} de pe curba 1 cu valorile σ_{-1r} sau σ_{-1k} de pe curbele corespunzătoare felului calității suprafeței piesei, respectiv concentratorului, din dreptul aceluiași σ_r, adică:

$$\delta = \frac{\sigma_{-1}}{(\sigma_{-1})_\delta} \quad \text{și} \quad K_\tau = \frac{\sigma_{-1}}{(\sigma_{-1})_k}$$

In acest mod s-au concentrat o serie întreagă de curbe, tabele și relații, cu care se determină rezistența la oboseala de încovoiere a osiilor și arborilor cu și fără concentratori, într-o singură figură, (fig. 13), și trei tabele, (tab. V, VI și VII).

Influența mediului coroziv, a acoperirilor și a tratamentelor de suprafață asupra rezistenței la oboseală, este dată în coeficienți numerici de calcul δ_1 în tab. IX, X, XI și XII, cu care se înmulțesc rezistențele la oboseală ce rezultă din fig. 13 și tabelele anexe ei, atunci cînd este cazul.

Printr-un exemplu, se arată cum în acest mod se simplifică calculul la oboseală în construcția de mașini prin întrebuințarea fig. 13 și a celor trei tabele, în comparație cu calculul întrebuințat pînă în prezent.

Exemplu de calcul

Să se determine efortul limită la oboseala de încovoiere a unui arbore cu racordare din OL 60 cu $\sigma_r = 65$ kg/mm², avînd $d = 40$ mm, $c = \frac{D}{d} = 1{,}4$, degroșat și cu raportul $\frac{r}{d} = 0{,}1$.

a) *Rezolvare după metoda obișnuită*

După tab. I se găsește la OL 60 cu $\sigma_r = 65$ kg/mm² valoarea $\sigma_{-1} = 28$ kg/mm², din fig. 4, se găsește la $\frac{r}{d} = 0{,}1$ și $\frac{D}{d} = 2$ pentru $\sigma_r = 50$ kg/mm², valoarea $K_0 = 1{,}4$ iar din fig. 3 de pe curba 3, se găsește $\delta = 1{,}17$.

Din fig. 6 la $\frac{D}{d} = 1{,}4$ rezultă $\xi_2 = 0{,}95$.

Din fig. 5 de pe curba cu $\frac{r}{d} = 0{,}1$ se ia $\xi_1 = 1{,}02$ și din fig. 12 de pe curba 2 pentru $K < 2$ se ia $\gamma_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}} = 1{,}3$.

Pentru oțel cu $\sigma_r = 65$ kg/mm², la $c = \frac{D}{d} = 2$ și $\frac{r}{d} = 0{,}1$ rezultă:

$$K_\sigma = K_0 \xi_1 = 1{,}4 \cdot 1{,}02 = 1{,}43.$$

În cazul arborelui considerat pentru $\frac{D}{d} = 1{,}4$ și $\frac{r}{d} = 0{,}1$ rezultă: $K'_\sigma = 1 + \xi_2 (K_\sigma - 1) = 1 + 0{,}95\ (1{,}43 - 1) = 1{,}408$.

Rezistența la oboseala de încovoiere a arborelui cu $d = 40$ mm, se determină cu relația:

$$(\sigma_{-1})_{kd} = \frac{\sigma_{-1}}{\delta \cdot K'_\sigma \cdot \gamma_k} = \frac{28}{1{,}17 \cdot 1{,}408 \cdot 1{,}3} = 13{,}1 \text{ kg/mm}^2.$$

Pentru rezolvarea exemplului s-a utilizat 1 tabel, 5 diagrame și 3 relații cu o serie întreagă de calcule

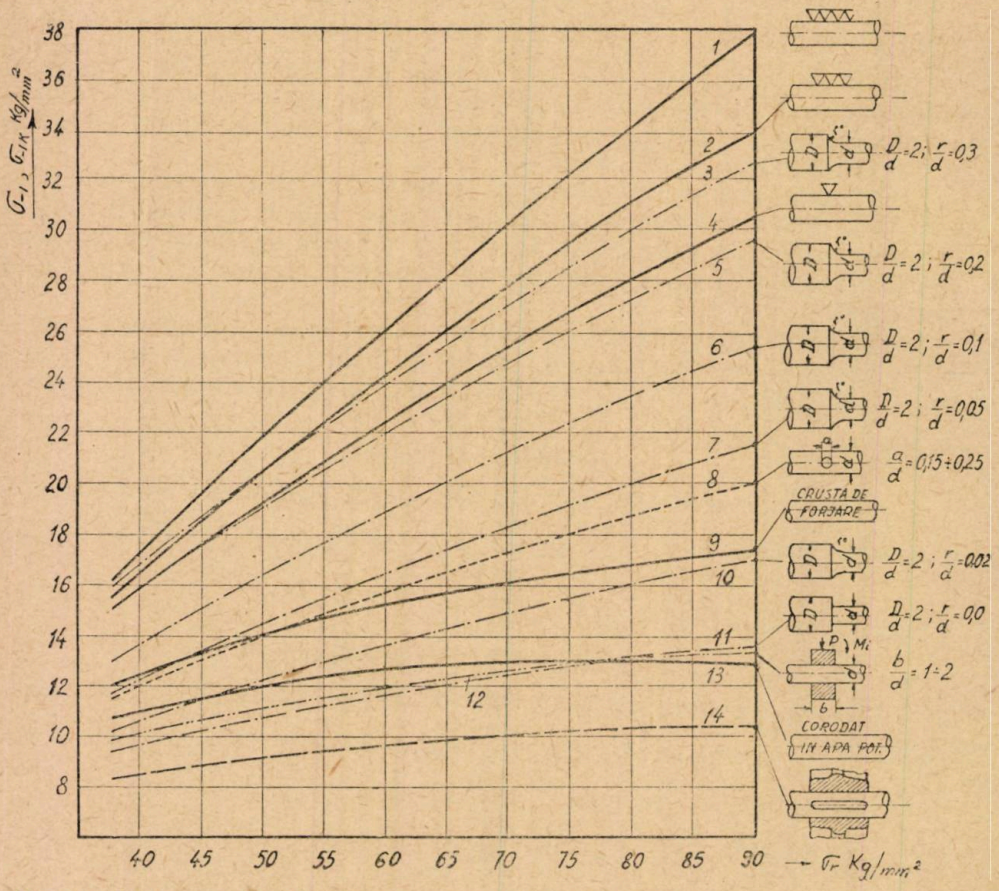


Fig. 13. Rezistența la oboseala de încovoiere la ciclul alternant simetric pentru osii și arbori din oțel carbon obișnuit și de calitate cu diverși concentratori.

b) *Rezolvare după fig. 13*

Dintr-o singură citire se ia de pe curba 6 în dreptul lui $\sigma_r = 65$ kg/mm² valoarea $(\sigma_{-1})_k = 20$ km/mm². Din tabelul V, în dreptul lui $\frac{D}{d} = 1{,}4$ și $\frac{r}{d} = 0{,}1$ se ia valoarea $\xi_3 = 1{,}015$.

Tabela VI

Valorile coeficientului K' la care se împart valorile $(\sigma_{-1})_k$ la osii și arbori cu bucșe presate de pe curba 12 din fig. 13, pentru a determina pe $(\sigma_{-1})'_k$ pentru presiuni de contact $p < 3$ kg/mm².

p	0,5	1	1,5	2	3
K'	0,73	0,81	0,88	0,95	1

Tabela VII

Valorile coeficientului dimensional Υ și Υ_k la care se împart valorile $(\sigma_{-1})_k$ de pe curbele din fig. 13 sau valorile $(\sigma_{-1})'_k$ ce rezultă în urma corijărilor lui $(\sigma_{-1})_k$ cu ξ_3 din tab. V, sau k' din tab. VI, pentru a determina pe $(\sigma_{-1})_{kd}$ pentru bare cu $d > 10$ mm.

d în mm	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200	250
$\Upsilon = \frac{1}{\epsilon_0}$ bare netede $k=1$	1	1,04	1,07	1,1	1,12	1,18	1,23	1,29	1,37	1,46	1,66	1,82	2
$\Upsilon_k = \frac{1}{\epsilon_{0k}}$ bare cu concentr. $k<2$	1	1,05	1,09	1,14	1,2	1,3	1,38	1,47	1,6	1,7	1,77	1,77	1,77
$\Upsilon_k = \frac{1}{\epsilon_k}$ bare cu concentr. $k>2$	1	1,1	1,19	1,25	1,33	1,47	1,58	1,7	2	2	2	2	2

Tabelul V

Valorile coeficientului ξ_3 cu care se înmulțesc valorile $(\sigma_{-1})_k$ pentru osii și arbori cu racordări de pe curbele 3, 5, 6, 7 10 și 11 din fig. 13 pentru a determina pe $(\sigma_{-1})_k$ pentru rapoarte $\frac{D}{d} < 2$.

$\frac{D}{d}$	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5 ÷ 2
σ_r kg/mm² \ $\frac{r}{d}$	0,00 0,02 0,05 0,1 0,2 0,3	0,00 0,02 0,05 0,1 0,2 0,3	0,00 0,02 0,05 0,1 0,2 0,3	0,00 0,02 0,05 0,1 0,2 ÷ 0,3	0,00 | 0,02 ÷ 0,05 | 0,1 ÷ 0,3
40	1,23 1,19 1,14 1,1 1,05 1,025	1,115 1,101 1,08 1,055 1,03 1,016	1,039 1,047 1,03 1,028 1,016 1,009	1,03 1,023 1,016 1,008 1,008	1,02 | 1,005 | 1,00
50	1,236 1,2 1,15 1,11 1,055 1,03	1,122 1,104 1,085 1,06 1,035 1,02	1,057 1,05 1,035 1,030 1,02 1,01	1,042 1,024 1,018 1,010 1,01	1,04 | 1,005 | 1,00
60	1,25 1,21 1,16 1,125 1,06 1,032	1,127 1,108 1,08 1,065 1,04 1,02	1,087 1,054 1,038 1,032 1,022 1,012	1,086 1,025 1,020 1,015 1,012	1,08 4 | 1,005 | 1,00
70	1,262 1,218 1,17 1,12 1,07 1,035	1,166 1,116 1,09 1,067 1,042 1,024	1,164 1,052 1,040 1,035 1,023 1,015	1,162 1,025 1,021 1,017 1,015	1,16 | 1,005 | 1,00
80	1,274 1,225 1,173 1,127 1,075 1,04	1,236 1,117 1,093 1,07 1,044 1,026	1,234 1,055 1,042 1,035 1,024 1,017	1,234 1,03 1,022 1,018 1,02	1,23 | 1,005 | 1,00
90	1,305 1,235 1,175 1,13 1,08 1,05	1,305 1,118 1,095 1,073 1,045 1,030	1,304 1,058 1,045 1,037 1,025 1,018	1,302 1,033 1,023 1,019 1,022	1,030 | 1,005 | 1,00

Coeficientul δ se află după cum s-a indicat mai sus şi anume:

$$\delta = \frac{\sigma_{-1}}{(\sigma_{-1})_\delta} = \frac{28}{24} = 1{,}17 \quad (\sigma_{-1} \text{ luat de pe curba 1 şi } (\sigma_{-1})_\delta \text{ de pe curba 4}).$$

Din tabelul VII pentru $d = 40$ mm, coeficientul dimensional la $K \leqq 2$ este $\gamma_k = 1{,}3$.

In acest caz rezultă:

$$(\sigma_{-1})_{kd} = \frac{(\sigma_{-1})_k \cdot \xi_3}{\delta \cdot \gamma_k} = \frac{20 \cdot 1{,}015}{1{,}17 \cdot 1{,}3} = 13{,}3 \text{ kg/mm}^2.$$

Prin folosirea directă a diagramei de sinteză a rezultat o diferenţă de 0,2 kg/mm², reprezentind o eroare de 1,5%, ceea ce justifică calcule suficient de precise la trasarea şi la intocmirea tabelelor de sinteză.

S-au intrebuinţat în calcule o singură figură şi două tabele anexe ei.

2. Rezistenţa la oboseala de torsiune la osii şi arbori din oţel carbon

La trasarea curbelor de sinteză pentru calculul efortului la oboseala de torsiune τ_{-1} şi $(\tau_{-1})_k$ din fig. 17, s-au folosit datele extrase din fig. 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15 şi 16 şi o serie de relaţii.

a. *Osii şi arbori fără concentratori*

Curba 1 reprezintă valoarea rezistenţei la oboseala de torsiune τ_{-1} la osii şi arbori cu $d = 10$ mm cu suprafaţa polizată în funcţie de σ_r; a fost trasată cu ajutorul tab. I şi II.

Curbele 2, 4, 8 şi 10 reprezintă rezistenţa la oboseala de torsiune (τ_{-1}) la aceleaşi piese, însă prelucrate mai puţin fin. Ele s-au trasat cu ajutorul relaţiei:

$$(\tau_{-1})_\delta = \frac{\tau_{-1}}{\delta_\tau} \tag{10}$$

în care τ_{-1} s-a luat de pe curba 1 din fig. 17

iar

$$\delta_0 = \frac{\delta}{0{,}4\delta + 0{,}6} \text{ după [1, p. 26]}$$

cu valori pentru δ din fig. 3 corespunzătoare felului calităţii suprafeţei.

b. *Osii şi arbori cu racordări*

Curbele 3, 5, 6, 7 şi 12 din fig. 17 reprezintă rezistenţa la oboseala de torsiune $(\tau_{-1})_k$ pentru osii şi arbori, cu $d = 10$ mm, cu racordări avînd $c = \frac{D}{d} \geqq 1{,}43$ şi rapoarte $\frac{r}{d}$ mai des întîlnite în practică.

Pentru trasare s-au folosit valorile $(\tau_{-1})_k$ calculate cu relația:

$$(\tau_{-1})_k = \frac{\tau_{-1}}{K_0 \cdot \xi'_1} = \frac{\tau_{-1}}{K_\tau} \tag{11}$$

în care: τ_{-1} se ia de pe curba 1, fig. 17, K_0 se ia de pe curbele 2 și 3, fig. 14 prin interpolare, la oțel cu $\sigma_r = 50$ Kg/mm² și ξ'_1 se ia de pe curbele din fig. 15.

Pentru a afla rezistența la oboseală pentru $c = \frac{D}{d} < 1,43$ și aceleași raporte $\frac{r}{d}$ se folosește relația:

$$(\tau_{-1})'_k = \frac{\tau_{-1}}{K'_\tau} \tag{12}$$

în care

$$K'_\tau = 1 + \xi_2 (K_\tau - 1),$$

ξ_2 se ia de pe fig. 6, curba 2, iar $K_\tau = K_0 \cdot \xi'_1$ ca în relația (11).

Cu $(\tau_{-1})'_k$ s-ar fi putut trasa o altă serie de curbe care ar fi făcut neexplicită fig. 17.

La fel ca la oboseala de încovoiere de la pct. 1 s-a determinat coeficientul ξ_4 și s-a întocmit tab. VIII, cu relația:

$$\xi_4 = \frac{(\tau_{-1})'_k}{(\tau_{-1})_k} = \frac{\frac{\tau_{-1}}{K'_\tau}}{\frac{\tau_{-1}}{K_\tau}} = \frac{K_\tau}{K'_\tau} \tag{13}$$

și deci

$$(\tau_{-1})'_k = \tau_{-1} \cdot \xi_4 . \tag{13'}$$

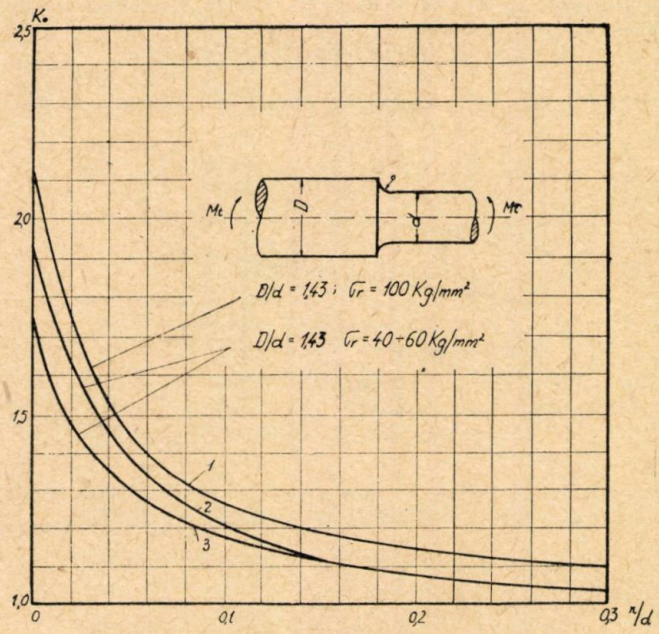


Fig. 14. Coeficientul efectiv de concentrare K_0 la bare de secțiune circulară cu $d = 10$ mm cu racordare, solicitate la torsiune [7, p. 77].

c. *Osii şi arbori cu găuri transversale*

Curba 9, din fig. 17, reprezintă rezistenţa la oboseala de torsiune $(\tau_{-1})_k$ a barelor rotunde cu găuri transversale;

S-a trasat cu ajutorul valorilor K_0 de pe curba 2 din fig. 16 pentru rapoarte $\frac{a}{d} = 0{,}05 \div 0{,}25$ şi cu relaţia:

$$(\tau_{-1})_k = \frac{\tau_{-1}}{K_0}$$

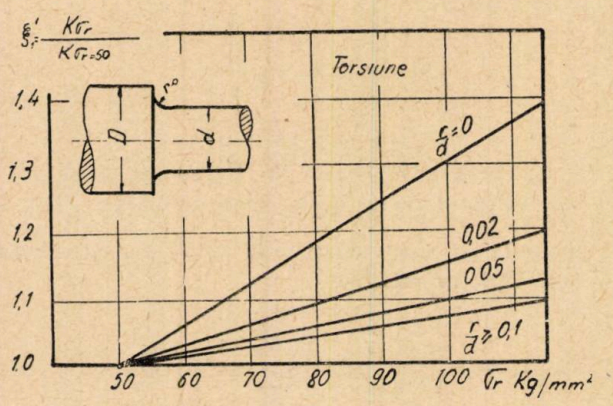


Fig. 15. Coeficientul ξ_1' pentru determinarea lui $K_\tau = K_0 \cdot \xi_1'$ din relaţia (11) la oţeluri cu $\sigma_r \neq 50$ kg/mm² [7, p. 78]

în care K_0 fiind dat pentru bare cu $d = 12 \div 16$ mm, s-a luat drept bun şi pentru bare cu $d = 10$ mm.

d. *Osii şi arbori cu bucşe presate*

Curba 11 din fig. 17, reprezintă rezistenţa la oboseala de torsiune $(\tau_{-1})_k$

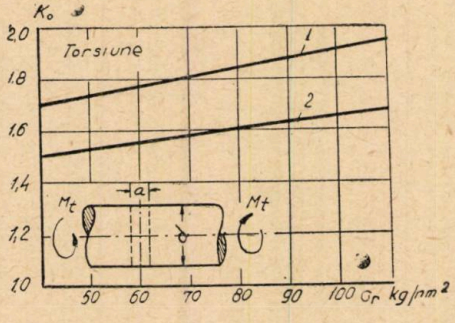


Fig. 16. Valoarea coeficientului K_0 la osii şi arbori de secţiune circulară, cu găuri transversale, solicitaţi la torsiune [7, p. 91].

1. $d = (40 \div 60)$ mm; $\frac{a}{d} = 0{,}05 \div 0{,}25$.

2. $d = (12 \div 16)$ mm; $\frac{a}{d} = 0{,}05 \div 0{,}25$.

la osii şi arbori cu bucşe presate.

Trasarea ei s-a făcut cu ajutorul tab. IV fig. 9, 10 și 11 și relația [19, p. 6]:

$$\frac{K_\tau}{\epsilon} = 1 + 0{,}6\left(\frac{K_\sigma}{\epsilon} - 1\right). \tag{14}$$

La bare cu $d = 14$ mm și $\sigma_r = 50$ Kg/mm²:

$$K_0 = \left(\frac{K_\tau}{\epsilon}\right)_0 = 1 + 0{,}6\ (1{,}85 - 1) = 1{,}51$$

și deci

$$K''\ K_0 = \left(\frac{K_\tau}{\epsilon}\right)_0 K'' = 1{,}51\ K''.$$

Restul calculelor s-au făcut în mod analog ca la încovoiere.

e. *Osii și arbori cu canale de pană*

Curba 13 din fig. 17, reprezintă rezistența la oboseala de torsiune $(\tau_{-})_k$ a osiilor și arborilor cu canale de pană.

Trasarea s-a făcut cu ajutorul valorilor K_0 din fig. 7 și relația:

$$(\tau_{-1})_k = \frac{\tau_{-1}}{K_\tau}$$

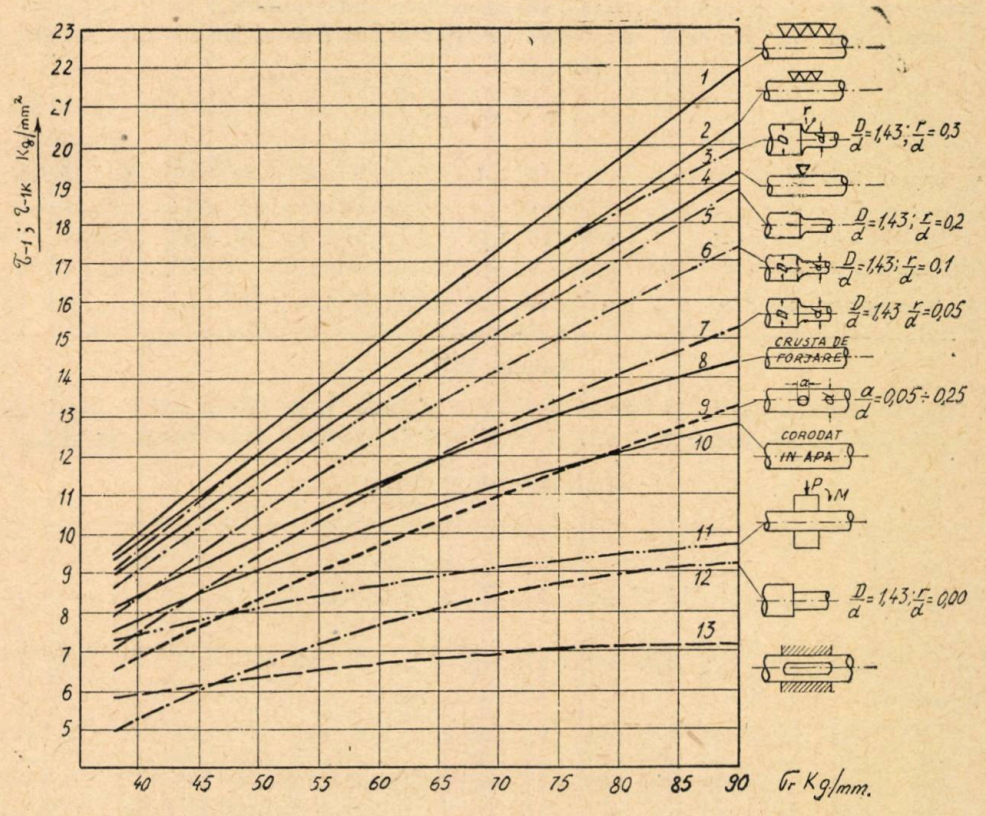


Fig. 17. Rezistența la oboseala de torsiune pentru ciclul alternant simetric, pentru arbori din oțel carbon și de calitate cu diverși concentratori.

unde [5, p. 299] $K_\tau = (0{,}6 \div 0{,}8)\, K_\sigma \,.\, 1{,}2 \simeq 0{,}7\, K_\sigma\, 1{,}2 = 0{,}84\, K_\sigma$ iar $K_\sigma = .$ $= K_0 \cdot \frac{\Upsilon_{30}}{\Upsilon_{k30}}$ şi deci $K_\tau = 0{,}84\, K_0 \cdot \frac{\Upsilon_{30}}{\Upsilon_{k30}} = 0{,}94 K_\sigma$ cu Υ şi Υ_k de pe fig. 12.

Coeficientul 1,2 ţine seamă de stringerea ce rezultă după montarea penei.

Tabela VI'

Valorile coeficientului K', la care se împart valorile $(\tau_{-1})_k$ *la osii şi arbori cu bucşe presate de pe curba 11, fig. 17, pentru a determina pe* $(\tau_{-1})'_k$ *pentru presiuni de contact* $p < 3$ *kg/mm².*

p	0,5	1	1,5	2	3
K'	0,73	0,81	0,88	0,95	1

Valorile de pe curbele din fig. 17, sînt valabile pentru osii şi arbori cu $d = 10$ mm. Pentru osii şi arbori cu $d > 10$ mm $(\tau_{-1})_k$ din fig. 17, sau eventual corijate cu tab. VI' şi VIII', se împart la coeficientul dimensional Υ, respectiv Υ_k din tab. VII'.

Tabela VII'

Valorile coeficientului dimensional Υ *şi* Υ_k *la care se împart valorile* $(\tau_{-1})_k$ *de pe curbele din fig. 17 şi valorile* $(\tau_{-1})'_k$ *care rezultă în urma corijărilor lui* $(\tau_{-1})'_k$ *cu* ξ_4 *din Tabela VIII' sau cu K' din Tabela VI', pentru a determina pe* $(\tau_{-1})_{kd}$ *pentru arbori cu* $d > 10$ *mm.*

d în mm	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200	250
$\Upsilon_k = \frac{1}{\varepsilon_0}$ bare netede $k=1$	1	1,04	1,07	1,1	1,12	1,18	1,23	1,29	1,37	1,46	1,66	1,82	2
$\Upsilon_k = \frac{1}{\varepsilon_{0k}}$ bare cu concentr. $k < 2$	1	1,05	1,09	1,14	1,2	1,3	1,38	1,47	1,6	1,7	1,77	1,77	1,77
$\Upsilon_k = \frac{1}{\varepsilon_{0k}}$ bare cu concentr. $k > 2$	1	1,1	1,19	1,25	1,33	1,47	1,58	1,7	2	2	2	2	2

Tabela VIII'

Valorile coeficienţilor ξ_4 *cu care se înmulţeşte valorile* $(\tau_{-1})_k$ *pentru osii şi arbori cu racordări de pe curbele 3, 5, 6, 7 şi 12 din fig. 17, pentru a determina pe* $(\tau_{-1})'_k$ *pentru rapoarte* $\frac{D}{d} < 1{,}4$

D/d	1,1					1,2					1,3				
r/d / σ_r kg/mm²	0,00	0,05	0,1	0,2	0,3	0,00	0,05	0,1	0,2	0,3	0,00	0,05	0,1	0,2	0,3
0	1,33	1,15	1,095	1,05	1,03	1.16	1,08	1,05	1,03	1,015	0,06	1,03	1.02	1,01	1,008
50	1,33	1,15	1,095	1,05	1,03	1,16	1,08	1,05	1,03	1,015	0,06	1,03	1,02	1,01	1,008
60	1,33	1,15	1,095	1,05	1,03	1,16	1,08	1,05	1,03	1,015	0,06	1,03	1,02	1,01	1,008
80	1,41	1,175	1,120	1,07	1,05	1,2	1,1	1,07	1,04	1,03	1,08	1,035	1,025	1,018	1,015
100	1,45	1,200	1,13	1,09	1,07	1,22	1,11	1,072	1,05	1,035	1,16	1,04	1,027	1,02	1,02

In ceeace privește întrebuințarea coeficientului δ_T de micșorare a rezistenței la oboseala de torsiune datorită calității suprafeței, la osii și arbori cu concentratori, se va ține cont de aceleași recomandări ca la încovoiere.

Influențele mediului corosiv, a acoperirilor și a tratamentelor de suprafață asupra rezistenței la oboseală, date în coeficienți numerici de calcul δ_1 în tab. IX, X, XI și XII, s-ar putea folosi și pentru torsiune, deși [20] se specifică că sînt valabile pentru încovoiere.

3. Rezistența la oboseala de tracțiune — compresiune la piese din oțel carbon

In mod analog ca la încovoiere și torsiune, s-au sintetizat într-un număr de curbe pe o singură figură, (fig. 23), o serie întreagă de curbe și relații cu scopul de a se determina mai ușor rezistența la oboseala de tracțiune — compresiune.

a. *Bare netede*

Curba 1 reprezintă rezistența la oboseala de tracțiune-compresiune $(\sigma_{-1})_t$ la bare rotunde cu $d = 10$ mm polizate în funcție de σ_r și s-a trasat cu ajutorul tab. I și II.

Curbele 2, 3, 9 și 11, reprezintă rezistența la oboseala de tracțiune-compresiune $(\sigma_{-1t})_\delta$ a aceloraș bare, însă cu prelucrare mai puțin fină decît polizarea. S-au trasat cu valorile rezultate din relația:

$$(\sigma_{-1t})_\delta = \frac{\sigma_{-1}}{\delta}$$

în care δ se ia din fig. 3.

b. *Bare cu racordări*

Curbele 4, 5, 6, 7 reprezintă rezistența la oboseala de tracțiune-compresiune $(\sigma_{-1t})_k$ la bare plate cu racordări. Curbele s-au trasat cu valorile lui $(\sigma_{-1t})_k$ din relația:

$$(\sigma_{-1t})_k = \frac{\sigma_{-1t}}{K}.$$

Din lipsă de valori numerice, K s-a calculat cu relația [5, p. 71]:

$$K = 1 + q\,(\alpha_k - 1) \tag{15}$$

în care q este coeficientul de sensibilitate al materialului și s-a luat din fig. 19 iar α_k — coeficientul teoretic de concentrare a eforturilor (fig. 18).

Astfel curba 4 este valabilă pentru $\frac{H}{h} = 1{,}2$ și $\frac{r}{h} = 0{,}3$ și pentru $\frac{H}{h} = 2$ și $\frac{r}{h} = 0{,}5$; curba 5 pentru $\frac{H}{h} = 2$ și $\frac{r}{h} = 0{,}3$; curba 6 pentru $\frac{H}{h} = 1{,}2$ și $\frac{r}{h} = 0{,}1$; curba 7 pentru $\frac{H}{h} = 2$ și $\frac{r}{h} = 0{,}1$.

Pentru a determina $(\sigma_{-1t})'_k$ la bare rotunde cu racordări solicitate la tracțiune-compresiune, se folosește relația [7, p. 70]:

$$\alpha_{kr} = \alpha_k \cdot 0{,}75 + 0{,}25 \tag{16}$$

în care α_k este coeficientul teoretic de concentrare la bare plate solicitate la tracţiune-compresiune; α_{kr} este coeficientul teoretic de concentrare la bare rotunde solicitate la încovoiere, cînd $\frac{H}{h} = \frac{D}{d}$ şi $\frac{r}{h} = \frac{r}{d}$.

Înlocuind în relaţia (15) pe α_k din (16) se obţine coeficientul de concentrare pentru bare rotunde K' în funcţie de coeficientul de concentrare pentru bare plate şi deci:

(17) $$K' = 0{,}75\ K + 0{,}25.$$

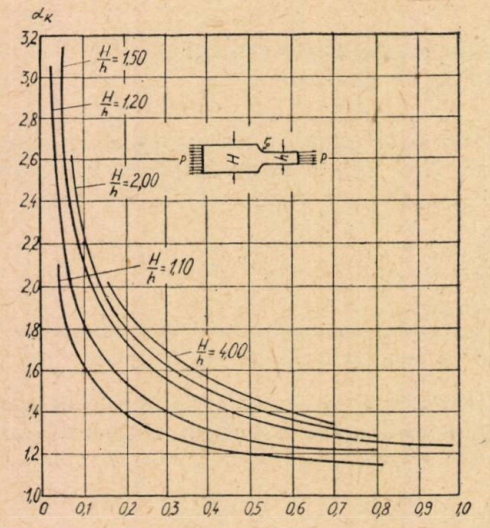


Fig. 18. Coeficientul teoretic α_k la bare plate cu racordare solicitate la tracţiune [5, p. 60].

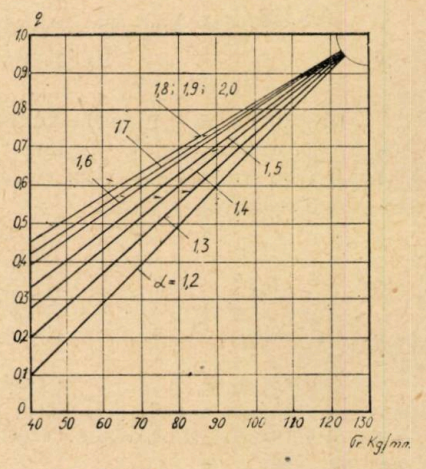


Fig. 19. Coeficientul q de sensibilitate al materialului [5, p. 71].

Rezistenţa la oboseală de tracţiune-compresiune $(\sigma_{-1t})'_k$ la bare rotunde cu racordări, în funcţie de aceeaşi rezistenţă la bare plate cu racordări, este:

$$\frac{(\sigma_{-1t})'_k}{(\sigma_{-1t})_k} = \frac{K}{K'}$$

de unde:

(18) $$(\sigma_{-1t})'_k = (\sigma_{-1t})_k \cdot \frac{K}{K'} = \frac{K}{0{,}75\ K + 0{,}25}\,(\sigma_{-1t})_k.$$

Valoarea lui K din relaţia (18) se poate determina din fig. 23.

c. *Bare cu orificiu*

Curba 8 reprezintă valori ale lui $(\sigma_{-1t})_k$ pentru bare plate cu orificiu. S-a trasat cu relaţia:

$$(\sigma_{-1t})_k = \frac{\sigma_{-1t}}{K_0}$$

cu valori pentru K_0 din fig. 20, valabilă pentru $\frac{d}{B} = (0{,}05 \div 0{,}3)$.

Pentru bare rotunde cu găuri transversale, solicitate la tracțiune cu rapoarte $\frac{a}{B} = \frac{a}{d}$, valorile $(\sigma_{-1t})'_k$ s-ar putea determina identic ca la bare rotunde cu racordări:

$$(\sigma_{-1t})'_k = (\sigma_{-1t})_k \cdot \frac{K}{K'} = (\sigma_{-1t})_k \cdot \frac{K}{0{,}75\,K + 0{,}25}.$$

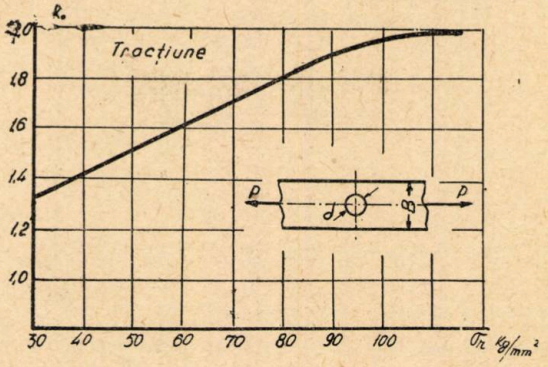


Fig. 20. Coeficientul K_0 pentru placă cu gaură solicitată la tracțiune pentru $\frac{d}{B} = 0{,}05 \div 0{,}3$ [7, p. 97].

d. *Bare filetate*

Curbele 10 și 12 din fig. 23 reprezintă rezistența la oboseală de tracțiune-compresiune $(\sigma_{-1t})_k$ la bare rotunde filetate, adică la șuruburi. S-au trasat cu ajutorul relației:

(19) $$(\sigma_{-1t})_k = \frac{\sigma_{-1t}}{K_0 \cdot \xi_1'' \cdot 0{,}66}$$

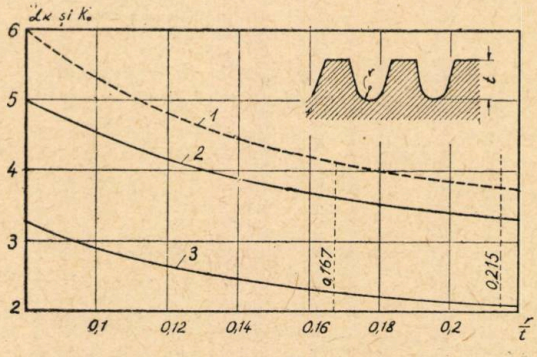


Fig. 21. Valorile coeficienților α_k și K_0 pentru șuruburi solicitate la tracțiune-compresiune [7, p. 108]:

1. α_k
2. K_0 pentru oțel aliat și $d = 12$ mm.
3. K_0 pentru oțel carbon cu $\sigma_r = 40$ kg/mm² și $d = 12$ mm.

S-a adoptat $\frac{r}{t} = 0{,}167$ filet metric și

$\frac{r}{t} = 0{,}215$ filet Whitworth

în care σ_{-1t} se ia de pe curba 1, (fig 23); K_0 se ia de pe curba 2, fig. 21; $\xi_1'' = \frac{K}{K_0}$, se ia din fig. 22, iar 0,66 este un coeficient de reducere aplicat numai pentru şuruburi cu piuliţe cu şanţ de descărcare.

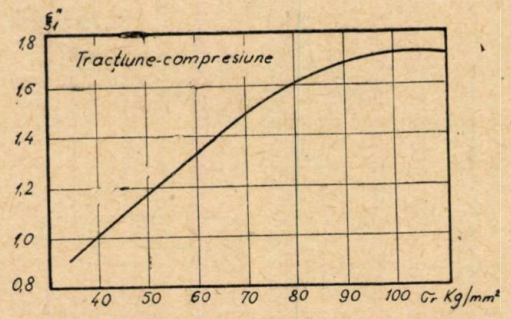


Fig. 22. Coeficientul ξ_1'' pentru şuruburi din oţel cu $\sigma_r \neq 40$ kg/mm² [7, p. 109].

Curba 10 este pentru şuruburi cu filet Whitworth cu $\frac{r}{t} = 0{,}215$ şi piuliţă de degajare, iar curba 12 pentru filet metric cu $\frac{r}{t} = 0{,}167$ şi aceeaşi piuliţă.

Curbele 13 pentru filet Whithworth şi 14 pentru filet metric, sînt pentru şuruburi cu piuliţă normală şi s-au trasat în mod analog ca şi curbele anterioare

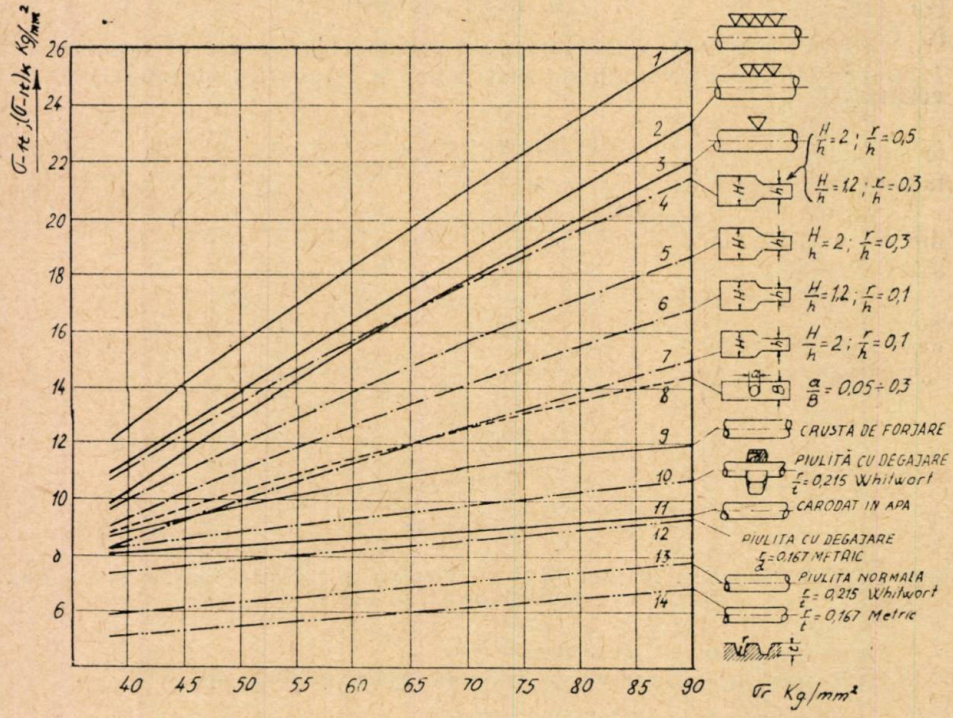


Fig. 23. Rezistenţa la oboseala de tracţiune-compresiune pentru ciclul alternant simetric la bare rotunde şi plate din oţel carbon obişnuit şi de calitate cu diverşi concentratori.

Tabela VII″

Valorile coeficientului dimensional γ *și* γ_k *la care se împart valorile* (σ_{-1tk}) *din fig. 23 și valorile* (σ_{-1t}) *k la bare rotunde cu racordări din relația (18) pentru a determina rezistența la oboseală de tracțiune-compresiune* $(\sigma_{-1t})_{kd}$ *la bare cu* $d > 10$ *mm.*

d în mm	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200	250
$\gamma = \frac{1}{\varepsilon_0}$ bare netede $k=1$	1	1,04	1,07	1,1	1,12	1,18	1,23	1,29	1,37	1,46	1,66	1,82	2
$\gamma_k = \frac{1}{\varepsilon_{0k}}$ bare cu concentr. $k < 2$	1	1,05	1,09	1,14	1,2	1,3	1,38	1,47	1,6	1,7	1,77	1,77	1,77
$\gamma_k = \frac{1}{\varepsilon_{0k}}$ bare cu concentr. $k > 2$	1	1,1	1,19	1,25	1,33	1,47	1,58	1,7	2	2	2	2	2

In ceea ce privește întrebuințarea coeficientului δ_1 de influență a calității suprafeței la bare cu concentratori solicitate la tracțiune - compresiune, se recomandă a se ține cont de aceleași considerente ca la încovoiere și torsiune.

La șuruburi pe porțiunea filetată nu se ține seamă în calcul de coeficientul δ_1.

In mod deosebit este de remarcat că la eforturile la oboseala de compresiune pură, concentratorii nu micșorează rezistența la oboseală [6, p. 56].

Valorile de pe curbele de sinteză din fig. 23, se înțeleg ca și curbele de pe fig. 13 și 17, pentru bare cu $d = 10$ mm.

Pentru a afla rezistența la oboseala de tracțiune - compresiune $(\sigma_{-1t})_{kd}$ la piese cu $d > 10$ mm, valorile de pe curbele din fig. 23 se împart la coeficientul γ respectiv γ_k din tab. VII″.

Rezistențele la oboseala $(\sigma_{-1})_{kd}$, $(\tau_{-1})_{kd}$ și $(\sigma_{-1t})_{kd}$ de pe curbele din fig. 13, 17 și 23, corectate cu ajutorul tabelelor anexe lor sînt considerate valori limită.

In tab. IX, X, XI și XII, se dau valori informative ale coeficienților δ_1 cu care se înmulțește rezistența la oboseală de pe curbele din fig. 13 fie corijate, fie necorijate cu tabelele anexe, rezultînd astfel rezistența la oboseală a pieselor corodate acoperite sau tratate superficial.

Tabela IX

Valorile coeficientului δ_1 *pentru osii și arbori din oțel cu* $d = 10$ *mm neacoperiți și netratați la suprafață, sub acțiunea corosivă a apei, solicitați la încovoiere* [20, p. 178].

σ_r kg/mm²	40	60	80	100	120	Mediul corosiv ce acționează în timpul încercării.
δ_1	0,7	0,55	0,45	0 37	0,31	Apă dulce, piese cu concentratori.
	0,61	0,42	0,3	0,26	0,18	Apă dulce, piese fără concentratori sau apă de mare, piese cu concentratori.
	0,38	0,28	0,2	0,15	0,12	Apă de mare, piese fără concentratori.

Tabela X

Valorile coeficientului δ_1 pentru osii şi arbori din oţel carbon şi aliat $d = 10mm$ acoperite superficial sub acţiunea corosivă a apei [20, p. 179].

Invelişul protector	Galvanic Cr sau Ni $h = 5 \div 15\ \mu$	Galvanic Cr sau Ni $h = 15 \div 30\ \mu$	Metalizare Al $h = 50\mu$	Observaţii
Mediul corosiv	Apă dulce	Apă cu 3%NaCl	Apă dulce	Incercări pe epruvete de 10 mm
	0,25 ÷ 0,45	0,8 ÷ 0,95	0,8	

Piesele, respectiv organele din oţel acoperite sau tratate la suprafaţă îşi pierd calităţile căpătate dacă sînt supuse unei încălziri de 200° ÷ 250°C., sau dacă sînt ulterior prelucrate prin aşchiere.

Coeficientul de calitate a suprafeţei δ_1 nu se mai ia în considerare, cînd tratamentul de suprafaţă este ecruisarea.

Tabela XI

Valorile coeficientului δ_1 pentru osii şi arbori din oţel solicitaţi la încovoiere, cu acoperiri superficiale şi funcţionare în aer cu $d = 10$ mm [20, pp. 181—183].

Felul oţelului	Invelişul protector		Grosimea stratului protector în mm	δ_1
Oţeluri slab aliate şi oţeluri carbon cu $\sigma_r = 60 \div 100$ kg/mm²	Galvanic	Ni	0,03 ÷ 0,1	0,65 ÷ 1
		Cr	0,03 ÷ 0,2	0,61 ÷ 0,9
Oţeluri carbon	Metalizare	Al	0,051	1
	Difuziune	Zn	0,013	0,9

Tabela XII

Valorile coeficientului δ_1 pentru osii şi arbori din oţel carbon şi aliat de construcţie tratate la suprafaţă, încercate în aer [20, pp. 181—183].

Felul tratamentului		Călire de suprafaţă cu curenţi de înaltă frecvenţă	Nitrurare pe grosime de $h = 0,1 \div 0,4$ mm $Hv = 730 \div 970$	Cementare $h = 0,2 \div 0,6$ mm	Cementare $h = 2,0 \div 0,6$ mm	Ecruisare		cianurare $h = 0,2$ mm
						rulare cu role	împroşcare cu alice	
δ_1	fără concentr.	1,3 ÷ 1,6	1,15 ÷ 1,25	1,2 ÷ 2,1	1,8	1,2 ÷ 1,4	1,1 ÷ 1,3	1,8
	cu concentr.	1,6 ÷ 2,8	1,9 ÷ 3,0	1,5 ÷ 2,5	—	1,5 ÷ 2,2	1,4 ÷ 2,5	

In [6], se găsesc curbe şi tabele de sinteză numai pentru oboseala la încovoiere în osii şi arbori, fără a se da indicaţii asupra metodei întrebuinţate pentru trasarea lor în care nu se face dinstincţia între oţelurile carbon şi aliate. Se remarcă în multe cazuri valori diferite faţă de curbele de sinteză din fig. 13 şi tabelele anexe, ei.

Curbele de sinteză din fig. 13, 17 şi 23 şi tabelele anexe lor, din prezenta lucrare, pentru oboseala de încovoiere, respectiv torsiune şi tracţiune - compresiune, au fost trasate după metoda arătată, folosindu-se literatura tehnică sovietică cea mai recentă (v. bibliografia).

4. Consideraţiuni asupra alegerii şi a calculului coeficientului de siguranţă

Expresia generală a coeficientului de siguranţă este [20, p. 30]:

$$c = \frac{Q_{lim}}{Q_a} \tag{20}$$

în care Q_{lim} este solicitarea limită maximă iar Q_a este solicitarea admisibilă în timpul lucrului.

Şi în privinţa coeficientului de siguranţă va trebui să se facă distincţie între solicitările statice şi variabile.

De asemenea, mărimea coeficientului de siguranţă depinde în special de precizia de determinare a mărimii şi naturii solicitărilor, de condiţiile de lucru, de gradul de exactitate a schemei de calcul, de configuraţia organului, de mediul în care funcţionează maşina, de materialul din care este construit organul etc.

A. Solicitări statice

a. *In organe nu este permis să intervină deformaţii plastice.*

Acesta este cazul general în construcţia de maşini.

1. *Materiale plastice.* Coeficientul de siguranţă se determină după metoda obişnuită faţă de limita de curgere.

$$c_c = \frac{Q_{lim}}{Q_a} = \frac{Q_c}{Q_a} = \frac{\sigma_c}{\sigma_a}. \tag{21}$$

2. *Materiale puţin plastice* sau casante (oţeluri de rezistenţă mare cu revenire joasă şi fontele de rezistenţă mare). Coeficientul de siguranţă se ia faţă de limita de rupere:

$$c_r = \frac{Q_{lim}}{Q_a} = \frac{Q_r}{Q_a} = \frac{\sigma_r}{\sigma_a} \tag{22}$$

$c_r = 2 \div 3$ pentru materiale puţin plastice,

$c_r = 3 \div 4$ pentru materiale casante (fonte cenuşii modificate cu tensiuni remanente),

$c_r = 4 \div 6$ pentru materiale foarte casante (ceramice, organe turnate cu porozităţi).

In cazul de nesiguranţă a sarcinilor, sarcini cu şoc, etc., coeficientul de siguranţă trebuie majorat de 1,5 $\div$ 2 ori.

Este de remarcat că la materiale puţin plastice şi la cele casante, au influenţă considerabilă concentratorii de eforturi, dimensiunea absolută, etc., influenţe ce micşorează rezistenţa de rupere sau solicitarea limită [20, pp. 28—80 şi pp. 161—165].

b. *In organe este admisă o deformaţie plastică* (de o anumită mărime ce nu deranjează funcţionarea maşinei) cu scopul de a mări capacitatea portantă,

Aceste cazuri intervin foarte rar în construcția de mașini; ca exemplu pot fi citate rotoarele turbinelor cu aburi, conductele sub presiune, etc., și numai la materiale cu domeniu plastic.

Coeficientul de siguranță la deformații plastice [20, pp. 28—80 și pp. 161—165] este dat de relația:

$$(23) \qquad c_p = \frac{Q_{lim}}{Q_a} = \frac{Q_{lim}}{Q_c} \cdot \frac{Q_c}{Q_a} = K_e \frac{Q_c}{Q_a},$$

în care K_e este coeficientul de rezistență în domeniul plastic și depinde de material, de mărimea deformației ce ar putea fi admisă în organ, de natura solicitării și de schema de calcul.

In literatură [20] sînt puse la dispoziție date suficiente pentru determinarea lui K_e funcție de mărimea deformației. La atingerea limitei de curgere $K_e = 1$ iar în domeniul plastic $K_e > 1$.

Cu titlul informativ pentru starea de tensiune omogenă:

$$K_e = \bar{e}\bar{G}_T + (1 - \bar{G}_T)$$

unde

$$\bar{G} = \frac{E_T}{E} = \frac{\text{modulul de întărire în domeniul plastic}}{\text{modulul de elasticitate}} = \text{modulul relativ de întărire},$$

$$\bar{e} = \frac{e}{e_c} = \frac{\text{deformația totală}}{\text{deformația la limita de curgere}} = \text{deformația relativă}.$$

și

$$e_c = \frac{\sigma_c}{E} = \frac{\text{limita de curgere}}{\text{modul de elasticitate}}.$$

Mărimea coeficientului depinde de gradul de plasticitate al materialului $\frac{\sigma_c}{\sigma_v}$ iar valori aproximative sînt date în tab. XIII.

Tabela XIII

Valori pentru coeficientul de siguranță c_p față de deformațiile plastice

$\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$	0,45÷0,55	0,55÷0,70	0,70÷0,90	organe turnate
c_p	1,2÷1,5	1,4÷1,8	1,7÷2,2	1,6÷2,5

Dacă solicitările nu sînt destul de precis determinate și schemele de calcul nu sînt absolut sigure, valorile c_p trebuie mărite de 1,2 ÷ 1,5 ori.

Aproximativ aceleași valori se iau și pentru coeficientul de siguranță c_c cînd nu se admit deformații plastice.

De oarece $c_p \cong c_c$ și $K_e > 1$, rezultă că la admiterea unei deformații plastice se ridică capacitatea portantă a organului, adică se mărește Q_a cu aceeași cantitate cu care se mărește și Q_{lim}, adică de K_e ori. Motivul admiterii unei deformații plastice ce nu deranjează funcționarea mașinei, la anumite organe, este tocmai de a mări capacitatea portantă a lor. Coeficientul K_e poate atinge valoarea 1,5, astfel încît prin admiterea unei deformații plastice capacitatea portantă a organului se poate mări chiar cu 50%.

B. Solicitări variabile

Calculul coeficientului de siguranţă depinde de tipul diagramei de reprezentare a rezistenţei la oboseală pentru oţelul respectiv.

Este lucru cunoscut că, s-au generalizat cele două reprezentări; reprezentarea în coordonate σ_m şi σ_v (fig. 24) şi reprezentarea în coordonate σ_{max}, σ_{min} şi σ_m (fig. 25).

Cum pentru construcţia acestor diagrame sînt necesare un număr considerabil de încercări la oboseală pentru acelaşi oţel, s-a convenit să se întrebuinţeze diagrame schematizate pentru construcţia cărora este necesar un număr foarte mic de încercări, astfel încît pentru uzul tehnic sînt acceptabile.

În fig. 24, este dată prin linii pline schematizarea liniară foarte des întrebuinţată, în calcule de rezistenţă.

Pentru construcţia ei, este necesar să se cunoască fie σ_{-1} şi σ_c fie σ_{-1} şi σ_r după cum se ia ca limită statică σ_c sau σ_r. Schematizarea liniară sau, cum i se mai spune, schematizarea prin două puncte, întrebuinţată în [14], este cea mai aproximativă: de aceea pentru calcule mai precise se întrebuinţează diagrame construite prin, mai multe puncte.

La solicitări variabile se vor deosebi pentru calculul coeficientului de siguranţă

a. *Cicluri simetrice şi eforturi simple*

24) $$c_\sigma = \frac{\frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \cdot \delta \cdot \gamma}\delta_1}{\sigma_a} = \frac{\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot K_\sigma \cdot \delta \cdot \gamma}}{\delta_1} = \frac{(\sigma_{-1k})_d}{\sigma_a} = \frac{\sigma_-}{(K_\sigma)_d \cdot \sigma_a}$$

iar

(24') $$c_\tau = \frac{\frac{\tau_{-1}}{K_\tau \cdot \gamma \cdot \delta_\tau}\cdot \delta_1}{\tau_a} = \frac{(\tau_{-1k})_d}{\tau_a} = \frac{\tau_{-1}}{(K_\tau)_d \cdot \tau_a}$$

în care

$$(K_\sigma)_d = \frac{K_\sigma \cdot \delta \cdot \gamma}{\delta_1} \text{ şi } (K_\tau)_d = \frac{K_\tau \cdot \delta_\tau \cdot \gamma}{\delta_1}.$$

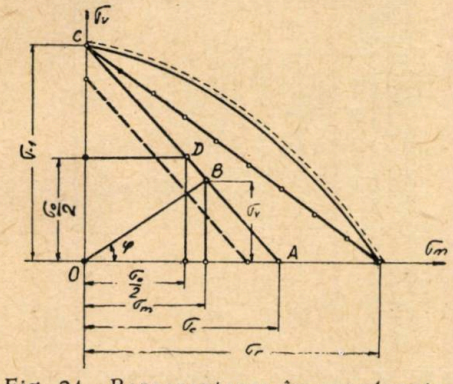


Fig. 24. Reprezentarea în coordonate σ_m şi σ_v

Diagrama reală.

Diagrama schematizată printr-o dreaptă luînd ca bază σ_r.

Diagrama schematizată luînd ca bază σ_c.

Diagrama eforturilor admisibile.

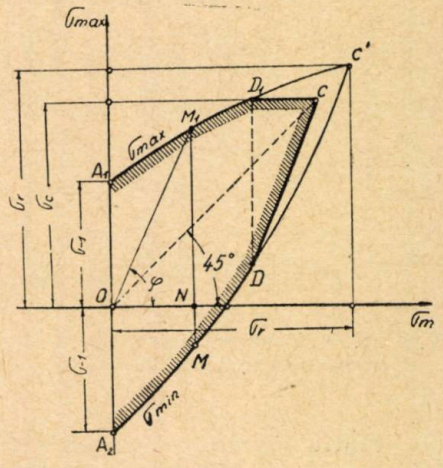


Fig. 25. Diagrama ciclurilor limită în coordonate.

σ_{max}, σ_{min} şi σ_m.

b. *Cicluri simetrice și eforturi compuse.*

1. Materiale plastice [7, p. 279]:

$$c = \frac{c_\sigma \cdot c_\tau}{\sqrt{c_\sigma^2 + c_\tau^2}}, \tag{25}$$

în care c_σ și c_τ au expresiile din (24) și (24).

La arbori cu gaură transversală [20, pp. 76–77]:

$$c = \frac{\chi \cdot c_\sigma \cdot c_\tau}{\sqrt{c_\sigma^2 + c_\tau^2}}, \tag{26}$$

unde χ se ia din fig. 26 și se ține seamă de repartizarea reală a tensiunilor găurii.

2. Materiale casante:

$$c = \frac{K_r \cdot c_\sigma \cdot c_\tau}{\sqrt{c_\sigma^2 + c_\tau^2}} \tag{26'}$$

unde $\gamma_2 = \frac{(\sigma_{-1k})_d}{(\tau_{-1k})_d}$ și K_r se iau din fig. 27.

c. *Cicluri asimetrice și eforturi simple*

Coeficienții de siguranță se calculează după felul schematizării, iar relațiile de calcul sînt date în tab. XIV.

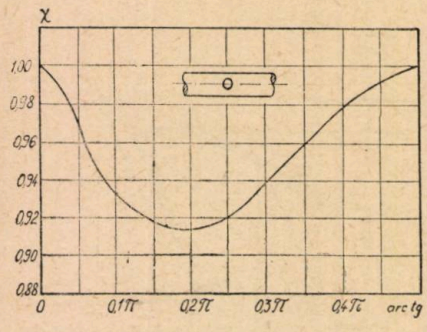


Fig. 26. Valorile coeficientului χ la arbori cu găuri [20, p. 77].

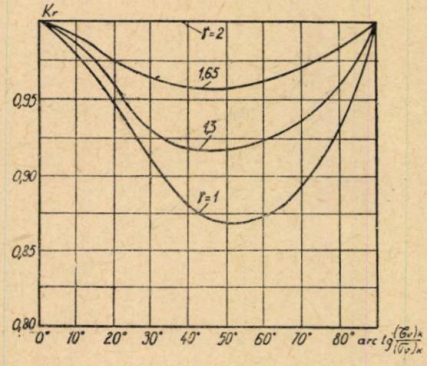


Fig. 27. Valorile coeficientului K_r la materiale casante [20, p. 77].

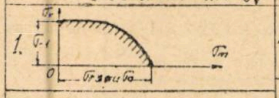
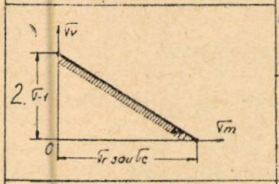
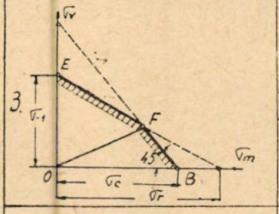
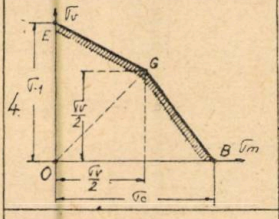
Pentru eforturi de torsiune în relațiile din tab. XIV se vor înlocui: σ_{-1} cu τ_{-1}, σ_r cu τ_r, σ_c cu τ_c, σ_0 cu τ_0, iar pentru eforturi de tracțiune-compresiune, se vor înlocui: σ_{-1} cu σ_{-1t}, σ_0 cu σ_{0t} și pentru eforturi de încovoiere σ_c cu σ_{ic}, astfel încît relațiile din tab. XIV sînt valabile pentru tracțiune-compresiune, încovoiere și torsiune.

In domeniul asimetriilor mari ale ciclului, tensiunea din organ poate apare apropiată de cea limită după capacitatea portantă statică, astfel incit diagramele pot fi construite luind ca limită in loc de σ_c valoarea $K_e \cdot \sigma_c$, cind s-ar admite o anumită deformare plastică. Calculul este analog cu cel la deformaţii plastice şi solicitări statice [20, pp. 79—93].

TAB XIV.

COEFICIENŢII DE SIGURANŢĂ LA CICLURI ASIMETRICE ŞI EFORTURI SIMPLE.

Relaţii determinate cu condiţia $r = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = constant$ sau $\psi = const.$ atît la efortul limită cît şi la cel admisibil.

Schematizare în coordonate σ_m şi σ_v	Relaţia de calcul	Domeniul de utilizare	Observaţii
1. 	A $c_\sigma = \frac{\sigma_{mL} + \sigma_{vL}}{\sigma_m + K_{\sigma d} \cdot \sigma_v}$	general	Diagramă reală sau oarecare
2. 	B $c_\sigma = \frac{1}{\frac{\sigma_v}{(\sigma_{-1K})_d} + \frac{\sigma_m}{\sigma_c}}$	Materiale cu domeniu plastic	Rezultă valori cu aproxim. mare
	C $c_\sigma = \frac{1}{\frac{\sigma_v}{(\sigma_{-1K})_d} + \frac{\sigma_m}{\sigma_r}}$	Materiale puţin plastice sau casante	Rezultă valori cu aproxim. mică
3. 	C $c_\sigma = \frac{1}{\frac{\sigma_v}{(\sigma_{-1K})_d} + \frac{\sigma_m}{\sigma_r}}$	general	Ciclul în triunghiul OFB
	D $c_\sigma = \frac{\sigma_c}{\sigma_m + \sigma_v (K_\sigma)_d}$	Materiale cu domeniu plastic	Ciclul în triunghiul OFB
4. 	E $c_\sigma = \frac{1}{\frac{\sigma_v}{(\sigma_{-1K})_d} + \psi \frac{\sigma_m}{\sigma_{-1}}}$ cu $\psi = \frac{2\sigma_{-1} - \sigma_0}{\sigma_0}$	general	ciclul în triunghiul OGE
	D $c_c = \frac{\sigma_c}{\sigma_m + \sigma_v (K_\sigma)_d}$	Materiale cu domeniu plastic	ciclul în triunghiul OGB
5. Schematizarea în coordonate σ_{max}, σ_{min} şi σ_m (Fig 25)	E $c_\sigma = \frac{1}{\frac{\sigma_v}{(\sigma_{-1K})_d} + \psi \frac{\sigma_m}{\sigma_{-1}}}$	Utilizare generală, însă la mat. cu domeniu plastic numai cînd $\frac{\sigma_v}{\sigma_m} \geq \frac{1}{(K_\sigma)_d} \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_{mc}} - 1 \right)$	
	D $c_e = \frac{\sigma_c}{(K_\sigma)_d \cdot \sigma_v + \sigma_m}$	Numai la materiale plastice cînd $\frac{\sigma_v}{\sigma_m} \leq \frac{1}{(K_\sigma)_d} \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_{mc}} - 1 \right)$	

Din tabel se observă că, aproximaţiile cele mai favorabile le dă relaţia *E*. In cursurile de rezistenţă din cauza simplităţii reprezentării sînt întrebuinţate relaţiile *B* şi *C*.

Din relaţiile *B* şi *C* se poate determina rezistenţa admisibilă la oboseală pentru materialele plastice [7, p. 189]:

$$\sigma_a = \sigma_m + \sigma_v = \frac{\sigma_{-1}}{c_\sigma} \cdot \frac{1 + K}{(K_\sigma)_d \cdot K + \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_c}} \tag{27}$$

iar pentru materialele casante sau plastice cu ciclul în triunghiul *OFE*, (fig. 3 din tab. XIV) σ_a este dat de relația [7, p. 189]:

$$\sigma_a = \sigma_m + \sigma_v = \frac{\sigma_{-1}}{c_\sigma} \cdot \frac{1+K}{(K_\sigma)_d \cdot K + \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_r}} \tag{27'}$$

în care

$$K = \frac{1-r}{1+r}.$$

d. *Solicitări asimetrice și eforturi compuse*

Interesează în acest caz eforturile compuse de încovoiere cu torsiune la care, coeficientul de siguranță se calculează după relația (25) cu c_σ și c_τ din relațiile tab XIV, sau la cicluri cu asimetrie mare după capacitatea portantă statică.

e. *Solicitări variabile cu eforturi complexe*

Prin solicitări complexe, se înțeleg solicitările la care σ_m și σ_v pot varia independent una de alta.

In acest caz coeficientul de siguranță se poate determina utilizînd schematizarea σ_{max}, σ_{min} și σ_m, după amplitudinea maximă sau după efortul maxim.

După amplitudinea maximă avem [20, p. 80]:

$$c_v = \frac{(\sigma_{-1k})_d - \frac{\psi_\sigma}{(K_\sigma)_d} \cdot \sigma_{min}}{\left(1 + \frac{\psi_\sigma}{(K_\sigma)_d}\right) \cdot \sigma_v} \tag{28}$$

și după efortul maxim [20, p. 80]:

$$c_\sigma = \frac{2(\sigma_{-1k})_d + \left(1 - \frac{\psi_\sigma}{(K_\sigma)_d}\right)\sigma_{min}}{\left(1 + \frac{\psi_\sigma}{(K_\sigma)_d}\right)\left(2\sigma_v + \sigma_{min}\right)}. \tag{28'}$$

Pentru eforturi tangențiale în relațiile (28) și (28') în locul lui σ va interveni τ.

La eforturi compuse este valabilă relația (25).

Mărimea coeficienților de siguranță la solicitări variabile se ia aproximativ în felul următor:

$c = 1{,}3 \div 1{,}4$ cînd solicitările sînt destul de precis determinate, materialul este suficient de omogen, calitatea bună a proceselor tehnologice și schema de calcul sigură.

$c = 1{,}4 \div 1{,}7$ cînd cele enumerate mai sus sînt mai defavorabile.

$c = 1{,}7 \div 3$ la impreciziuni mult mai mari.

Pentru solicitări variabile și eforturi simple, coeficienții de siguranță σ și c_σ se vor evalua la aceleași mărimi.

Mărimile c_σ și c_τ ce intră în relațiile (25) (26) și (26) la eforturi compuse pot fi și mai mari, fără însă ca valorile c să rezulte mai mici decît cele indicate mai sus.

f. In literatura tehnică germană, calculul coeficientului de siguranţă la ciclul oarecare, prin analogie cu calculul la ciclul alternant simetric ($c_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{(K_\sigma)_d \cdot \sigma_a}$), se face prin compararea ciclurilor ce au acelaşi σ_m şi nu acelaşi $\measuredangle \varphi$ cum sînt ciclurile cu coeficient de siguranţă din tab. XIV, adică:

$$c_\sigma = \frac{\sigma_{vL}}{(K_\sigma) \cdot \sigma_v} \tag{29}$$

unde σ_{vL} este amplitudinea limită a ciclului şi σ_v amplitudinea admisibilă a ciclului, (ambele cicluri au însă acelaşi σ_m).

Relaţia este valabilă pentru orice fel de schematizare, dar, adaptată la schematizarea liniară se obţine [7, p. 190]:

$$c_\sigma = \frac{\sigma_{vL}}{(K_\sigma)_d \cdot \sigma_v} = \frac{\sigma_{-1} \cdot \left[1 - \frac{\sigma_m}{\sigma_r}(K_\sigma)_d\right]}{(K_\sigma)_d \cdot \sigma_v}, \tag{30}$$

în care pentru materialele plastice se va înlocui σ_r cu σ_c. Deficienţa metodei constă în faptul că coeficientul de corecţiei $(K_\sigma)_d$ se aplică şi lui σ_r respectiv lui σ_c.

Pentru schematizarea prin trei puncte în [6] se recomandă pentru calculul efortului admisibil la solicitări cu cicluri cuprinse între alternant simetrice şi pulsante:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_D}{(K_\sigma)_d \cdot c_\sigma \cdot c_e}, \tag{31}$$

în care $\sigma_D = \sigma_{mL} + \sigma_{vL}$ — efortul limită la oboseală la ciclul considerat, iar pentru solicitări cu cicluri cuprinse între pulsante şi statice:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_c}{c_\sigma \cdot c_e}. \tag{32}$$

Aceste aproximaţii [6] sînt aproape de realitate, deoarece, la oţeluri, punctele B şi B' sînt destul de apropiate unul de altul. Cu datele din tab. I, II şi III, se pot construi diagrame schematizate ca în fig. 28, pentru a se putea determina σ_D, iar $(K_\sigma)_d$ se ia din fig. 13, 17 şi 23, de sinteză cu tabelele lor anexe:

c_σ = coeficient de siguranţă;

c_e = coeficient de exploatare care arată nesiguranţa în aprecierea sarcinei;

$c_\sigma = 1{,}2 \div 2$ cînd se calculează cu σ_D;

$c_\sigma = 1{,}1 \div 1{,}8$ cînd se calculează cu σ_c;

$c_\sigma = 1{,}8 \div 2{,}5$ cînd se calculează cu σ_r;

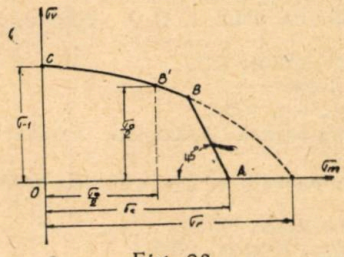


Fig. 28

$$c_e = \frac{Pe}{P} = \frac{\text{sarcina maximă de exploatare incl. forţele şi inerţie}}{\text{sarcina nominală}}.$$

Relaţiile (29)-(32) şi valorile notate cu c_σ şi c_e sînt valabile şi pentru eforturi tangenţiale, dar atunci în locul lui σ va intervени peste tot τ.

Pentru calculul mărimii coeficienților de siguranță în construcția de mașini se amintește, cu această ocazie, „metoda diferențială", expusă detaliat în [5].

În întreg capitolul 4, prin $(K_\sigma)_d$ se înțelege:

$$\frac{K_\sigma \cdot \Upsilon \cdot \delta}{\delta_1} = (K_\sigma)_d \text{ și } \frac{K_\tau\, \delta_\tau \cdot \Upsilon}{\delta_1} = (K_\tau)_d$$

iar prin Υ coeficientul dimensional; la piese cu concentratori Υ_k, la cele fără concentratori Υ, după cum este cazul.

În cazul cînd într-o secțiune intervin doi concentratori K_σ, în calcul se va socoti concentratorul cu valoarea cea mai mare.

S-a reușit, prin urmare, să se sintetizeze toate influențele asupra rezistențelor la oboseală a oțelurilor carbon în trei figuri: fig. 13, 17 și 23 și tab. V, VI, VII și VIII, anexe lor și prin aceasta valorile $(\sigma_{-1k})_d$, $(\tau_{-1k})_d$ și $(\sigma_{-1t})_{kd}$ ce intervin în relațiile coeficienților de siguranță, pot fi extrase foarte ușor fără a fi nevoie de un mare număr de curbe, relații și tabele.

Tot cu ajutorul acestor figuri și tabele de sinteză pot fi determinați și coeficienții $(K_\sigma)_d$, $(K_\tau)_d$ și $(K_{\sigma t})_d$ ce intervin în relațiile de calcul a coeficienților de siguranță.

Metoda de sinteză folosită în această lucrare se pretează a fi generalizată și la alte materiale utilizate în construcția de mașini; este în studiu și rezultatele urmează să fie date publicității.

Catedra de Organe de Mașini și Mecanisme

BIBLIOGRAFIE

1. Kimelman D. N., *Calculul organelor de mașini, supuse la solicitări variabile*, 1951, Ed. Tehn., Buc., (trad. din l. rusă).
2. Cazaud R. și Persoz L., *Fatigue des materiaux*, Dunod, Paris, 1937.
3. Buzdugan Gh. *Curs de Rezistența Materialelor*, Ed. Inst. Politehnic, Buc. 1953, (litograf at).
4. Ponomarev S. D., Biderman V. L. și colaboratori, *Bazele metodelor moderne de calcul a rezistenței în construcția de mașini*, T. II, I. D. T., 1952, (trad. din l. rusă).
5. Поляков В. С., Кудрявцев В. Г., Зубанов М. Л. Детали машин, Машгиз, Москва, 1954.
6. Niemann G., *Maschinenelemente*, Bd. I, Springer, Berlin, 1950.
7. Buzdugan Gh., *Calculul de rezistență la solicitări variabile*, I. D. T., 1955.
8. Батурин, Детали машин, Машгиз, Москва, 1954.
9. Uzinele „Steagul Roșu", Or. Stalin, Corespondența oțelurilor, 1952.
10. Uzinele „Iosif Rangheț", Corespondența oțelurilor, 1954.
11. Krist Th., *Werkstatt—Tabellen*, Leipzig, Fachbuchverlag, 1952.
12. Афанасьев Н. Н., Статистическая теория усталостной прочности металлов, Киев, 1953.
13. Одинг И. А., Допускаемые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов. Машгиз, Москва, 1947.
14. Беляев Н, М., Сопротивление материалов, Г. Э. И., М.-Л., 1950.
15. Беренов О. Й., Расчет машин на прочность, Машгиз, Москва, 1953.
16. *** Машиностроение Т. II и IV.
17. Павлов И. М., Детали машин, Машгиз, Москва, 1954.
18. *** Colecția STAS, Font și Oțeluri, Ed. 1953.
19. Беляев В. Н., Бидерман В. Л., Борович Л. С., Детали машин, Т. I, II, Машгиз, Москва, 1953.
20. Серенсен С. В., Когаев В. П., Козлов Л. А., Несущая способность и расчеты деталей машин, Машгиз, Москва, 1954.

К РАСЧЕТУ НА УСТАЛОСТЬ В МАШИНОСТРОЕНИИ

(Краткое содержание)

Расчёт на усталость в конструкции машин производится в настоящее время при помощи многочисленных кривых, диаграмм, таблиц и сложных формул.

Определение предельных сопротивлений на усталость (а также сопротивлений допускаемых на усталость, принимая во внимание всё то что влияет на них, становится очень громоздким и поэтому обобщение расчётов на усталость в конструкции машин встречает большие трудности.

Настоящая работа делает более доступными расчёты на усталость, употребляя возможно меньшее число диаграмм, таблиц и формул.

В трёх фигурах и в трёх приложенных к ним таблицам были синтетизированы все кривые и все таблицы, существующие в современной технической литературе, для осей, валов и круглых частей из углеродистой стали, работающих на сгиб, кручение и натяжение-сжатие, со сосредоточеными усилиями, часто встречаемыми на практике.

Этот же метод может быть применён и для других материалов результаты исследований будут вскоре опубликованы.

В последней части нашей работы даны обычные методы для вычисления коэффициента безопасности, с указанием их численных значений для различных усилий и материалов, показывая в то же время как при помощи обобщающих фигур и таблиц упрощается расчёт на усталость деталей машин.

ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВ

Рис. 1. Кривая Велера

Рис. 2. Цикл напряжений.

Рис. 3. Коэффициент γ уменшения сопротивления стали на усталость при изгибе для различных видов состояния поверхности.

Рис. 4. Эффективные коэффициенты концентрации для ступенчатых валов при изгибе с отношением $\frac{D}{d}=2$; при $d = 30$ мм:

Рис. 5. Коэффициент ξ_1 для определения $K_\sigma = K_0\,\xi_1$, для сталей с $\sigma_r \neq 50$ кг./мм².

Рис. 6. Поправочный коэффициент ξ_2 на отношение $\frac{D}{d}<2$

Рис. 7. Коэффициент концентрации K_0 для вала со шпоночной канавкой.

Рис. 8. Эффективные коэффициенты концентраций K_0 для валов с поперечным отверстием при изгибе.

Рис. 9. Значение отношения коэффициентов $\left(\frac{K}{\epsilon}\right)_0$ для валов с напрессованными деталями $\sigma_r = 50$ кг/мм²; $p \geq 3$ кг/мм².

Рис. 10. Поправочный коэффициент K'' на стали с $\sigma_r \neq 50$ кг/мм².

Рис. 11. Поправочный коэффициент K' для $p < 3$ кг/мм².

Рис. 12. Коэффициенты влияния абсолютных размеров сечения.

Рис. 13. Предел усталости при изгибе для симетрического цикла для осей и валов из углеродистой и качественой стали с разными концентрациями.

Рис. 14. Эффективные коэффициенты концентрации K_τ для ступенчатых валов при кручении.

Рис. 15. Поправочный коэффициент ξ_1 для определения $K_\tau = K_0\,\xi_1$ для сталей с $\sigma_r \neq 50$ кг/мм².

Рис. 16. Эффективные коэффициенты концентрации K_0 для валов с поперечным отверстием при кручении.
Рис. 17. Предел усталости при кручений для симетрического цикла для валов углеродистой и качественной стали с разными концентрациями.
Рис. 18. Коэффициенты концентрации α_k при растяжении или сжатии плоского стержня с переходам по круговой галтели.
Рис. 19. Коэффициенты чувствительности.
Рис. 20. Значения K_σ при растяжения и сжатии прямоугольной пластины с отверстием.
Рис. 21. Коэффициенты α_k и K_0 для растяжёных болтов.
Рис. 22. Коэффициент ξ_1'' для болтов из стали с $\sigma_r \neq 40$ кг/мм².
Рис. 23. Предел усталости при растяжении и сжатии для симетрического цикла для круглых и плоских стержней из углеродистой стали с разными концентрациями.
Рис. 24. Диаграммы в σ_m и σ_b
Рис. 25. Диаграммы в σ_{max} и σ_{mi} .
Рис. 26. Значения поправочного коэффициента x учитывающего смещение точек действия наибольших нормальных и касательных напряжений при изгибе вала с поперечным отверстием
Рис. 27. Значения поправочного коэффициента K_r.
Таб. I. Эквивалентность и характеристики обыкновенной углеродистой стали.
Таб. II. Эквивалентность и характеристики для качественной стали.
Таб. III. Соотношения для определения разных характеристик сопротивления для углеродистых сталей.
Таб. IV. Коэффициент $\left(\frac{K_\sigma}{\epsilon}\right)$ для валов с прессовыми деталями.
Таб. V. Коэффициент ξ_3 для $\frac{D}{d} < 2$ (изгиб).
Таб. VI. Коэффициент K' для $p < 3$ кг/мм².
Таб. VII. Масштабный фактор r.
Таб. VIII. Коэффициент ξ_4 для $\frac{D}{d} < 1{,}4$ (кручение)
Таб. IX. Коэффициент δ_1 для осей и валов при изгибе непокрытых поверхностей, под действием воды.
Таб. X. Коэффициент δ_1 для осей и валов из углеродистой и легированная стали: покрытых, под действием воды.
Таб. XI. Коэффициент δ_1 для осей и вадов из стали при изгиб, покрытых под действием воздуха.
Таб. XII. Коэффициент δ для осей и валов из углеродистой и легированная стали обработаных на поверхности, определяемый на воздухе.
Таб. XIII. Запас прочности для пластичных деформаций.
Таб. XIV. Запас прочности для осимметричных циклов и простых напряжений.

ZUR BERECHNUNG AUF DAUERFESTIGKEIT DER MASCHINENTEILE

(Zusammenfassung)

Die Berechnungen auf Dauerfestigkeit der Maschinenteile werden im heutigen Maschinenbau mit zahlreichen Diagrammen, Zahlentafeln und schwierigen Gleichungen durchgeführt.

Die Grenz-und zulässigen Spannungen der Dauerfestigkeit sind mit Berücksichtigung aller möglichen Einflüsse sehr schwer zu bestimmen und aus diesem Grund begegnet die Verallgemeinerung der Dauerfestigkeitsberechnung grosse Schwierigkeiten.

Die vorliegende Arbeit soll dürch Benützung möglichst weniger Diagramme, Zahlentafeln und Beziehungen zur Erleichterung der Dauer-

festigkeitsrechnung beitragen. Für Achsen, wellen und runde Werkstücke aus C-Stahl, beansprucht auf Druck-Zug, Biegung und Drehung, wurden in drei Abbildungen und den anschliessenden drei Zahlentafeln, alle Kurven und Tabellen der neuzeitlichen technischen Literatur zusammengefasst, mit Berücksichtigung der in der Praxis am meisten begegneten Kerbwirkungen.

Die angeführte Methode soll noch bei anderen Werkstoffen verallgemeinert werden.

Im letzten Teil der Arbeit sind die gewöhnlichem Wege der Berechnung des Sicherheitskoeffizienten und deren Zahlenwerte für verschiedene Beanspruchung, Spannungen und Werkstoffe angegeben; gleichzeitig wird hervorgehoben wie durch Benützung der Zusammenfassenden Abbildungen und Zahlentafeln die Dauerfestigkeitsrechnung der Maschinenteile vereinfacht wird.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN

Abb. 1. Wöhlerkurve.

Abb. 2. Typische Belastungs — bezw. Spannungsfälle.

Abb. 3. Einfluss der Oberflächengüte auf die Grenzspanung bei Biegewechselfestigkeit σ_{-1}'.

Abb. 4. Schaubild für den Koeffizienten K_0 bei Achsen und Wellen mit Absatz, auf Biegung beansprucht.

Abb. 5. Schaubild für den Koeffizienten ξ_1 zur Bestimmung von $K_\sigma = K_0 . \xi_1$ für Stahl mit $\sigma_r \neq 50$ Kg|mm².

Abb. 6. Schaubild des Koeffizienten ξ_2 für $\frac{D}{d} < 2$.

Abb. 7. Schaubild für Achsen und Wellen mit Keilnuten, beansprucht auf Biegung.

Abb. 8. Schaubild für Achsen und Wellen mit Querloch, beansprucht auf Biegung.

Abb. 9. Schaubild des Koeffizienten $\left(\frac{K_\sigma}{\varepsilon}\right)_0$ für Wellen mit gepressten Werstücken.

Abb. 10. Verbesserungskoeffizient K'' zur Bestimmung des Wertes K_0 für Stahl mit $\sigma_r \neq 50$ Kg|mm².

Abb. 11. Verbesserungskoeffizient K' zur Bestimmung des Wertes K_0 für $p < 3$ Kg|mm².

Abb. 12. Dimensionalkoeffizient Υ.

Abb. 13. Biegewechselfestigkeit für Achsen und Wellen aus C-Stählen bei verschiedenen Kerbwirkungen.

Abb. 14. Schaubild für den Koeffizienten K_τ bei Achsen und Wellen mit Absatz, beansprucht auf Drehung.

Abb. 15. Schaubild für den Koeffizienten ξ_1 zur Bestimmung von $K_\tau = K_0 . \xi_1$ für Stahl mit $\sigma_r \neq 50$ Kg|mm².

Abb. 16. Schaubild des Koeffizienten K_τ für Achsen und Wellen mit Querloch, beansprucht auf Drehung.

Abb. 17. Drehwechselfestigkeit für Achsen und Wellen aus C-Stählen bei verschiedenen Kerbwirkungen.

Abb. 18. Koeffizienten α_k für Flachstahl beansprucht auf Zug.

Abb. 19. Empfindlichkeitskoeffizient q.

Abb. 20. Schaubild der Koeffizienten K_0 für gelochte Platten beansbrucht auf Zug.

Abb. 21. Schaubild der Koeffizienten α_k und K_0 für Schrauben beansprucht auf Zug.

Abb. 22. Schaubild des Koeffizienten ξ_1'' für Schrauben aus C - Stahl mit $\sigma_r \neq 40$ kg|mm².

Abb. 23. Wechselfestigkeit bei Zug und Druck für Rund-und Flachstäbe aus C - Stahl mit verschiedenen Kerbwirkungen.

Abb. 24. Diagramm in σ_m und σ_v Koordinaten.

Abb. 25. Diagramm in σ_{max} und σ_{min} Koordinaten.

Abb. 26. Schaubild des Koeffizienten χ für Wellen mit Querloch.

Abb. 27. Schaubild des Koeffizienten K_r für spröde Werkstoffe.

Tafel I. Vergleich und mechanische Eigenschaften für gewöhnlichen C-Stahl.

Tafel II. Vergleich und mechanische Eigenschaften für Einsatz und Vergütungs C - Stähle.

Tafel III. Beziechung zur Bestimmung verschiedener mechanischer Eigenschaften für C - Stähle.

Tafel IV. Werte des Bruches $\left(\frac{K_\sigma}{\epsilon}\right)$ für Wellen mit gepressten Werkstücken.

Tafel V. Werte des Koeffizienten ξ_3 für $\frac{D}{d} < 2$ (Biegung).

Tafel VI. Werte des Koeffizienten K' für $b < 3$ kg|mm².

Tafel VII. Dimensionalkoeffizient.

Tafel VIII. Werte des Koeffizienten ξ_4 für $\frac{D}{d} < 1{,}4$ (Drehung).

Tafel IX. Werte des Koeffizienten δ_1 für Achsen und Wellen auf Biegung beansprucht ohne Behandlung der Randzone und ohne Schutzschicht, unter Korrosionswirkung des Wassers.

Tafel X. Werte des Koeffizienten δ_1 für Achsen und Wellen auf Biegung beansbrucht, aus C - Stahl und legiertem Stählen, mit Schutzschicht unter Korrosionswirkung des Wassers.

Tafel XI. Werte des Koeffizienten δ_1 für Achsen und Wellen auf Biegung beansprucht, mit Schutzschicht, in Luft geprüft.

Tafel XII. Werte des Koeffizienten δ_1 für Achsen und Wellen auf Biegung beansprucht, aus C - Stahl und legierten Stählen, mit Behandlung der Randzone in Luft geprüft.

Tafel XIII. Sicherheitskoeffizient, wenn eine plastische Verformung massgebend ist.

Tafel XIV. Sicherheiskoeffizienten für periodische assymetrische Belastung und einfache Spannungen.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

DETERMINAREA UNGHIURILOR DE AŞEZARE ŞI DE DEGAJARE LA ASCUŢIREA CUŢITELOR NORMALE

DE

CEZAR BUDA

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

Unghiurile de aşezare şi de degajare sînt date în planul secant principal pentru că la aşchiere acestea sînt valorile ce interesează.

Maşinile speciale de ascuţit nu au posibilitatea de a prezenta cuţitul decît în plan transversal, perpendicular pe axa cuţitului şi în planul longitudinal, paralel cu axa cuţitului. Aceasta înseamnă că la ascuţirea cuţitelor, fie la prima ascuţire atunci cînd ele sînt nou fabricate, fie la reascuţire după ce ele s-au tocit, este necesar să se cunoască valoarea unghiurilor α şi γ atît în planul transversal cît şi în planul longitudinal.

Valoarea unghiurilor în aceste planuri faţă de valoarea lor în planul secant principal, este legată de valoarea unghiului de înclinare al tăişului principal, adică de poziţia acestui tăiş faţă de planul de orientare ce trece prin vîrful cuţitului şi este paralel cu planul său de bază.

Considerînd că tăişul principal se ridică sau se coboară, respectiv deasupra sau dedesubtul planului de orientare, această modificare de poziţie făcîndu-se într-un plan perpendicular pe planul de bază şi trecînd prin tăişul principal cînd acesta se află în planul de orientare, profesorul sovietic A. V. Pankin a dedus relaţiile ce există între unghiurile din planul secant şi cele din planurile transversal şi longitudinal, în [1].

Problema a fost rezolvată de prof. Pankin cu presupunerea că planul în care se face deplasarea tăişului principal deasupra şi dedesubtul planului de orientare, este un plan perpendicular pe planul de bază. Aceasta înseamnă că pentru fiecare poziţie a tăişului principal vom avea un alt unghi de aşezare transversal sau, după cum vom vedea din relaţia care dă acest unghi, aceasta înseamnă că vom avea alt unghi de aşezare principal. Variaţia lui în cele trei poziţii ale tăişului: $\lambda > 0$, $\lambda = 0$, $\lambda < 0$ se vede în fig. 1 care este secţiunea transversală a cuţitului. Astfel, avem de-a-face, de fapt, cu trei cuţite de geometrie diferită şi comparaţia se face între aceste trei cuţite. Demonstraţia dată de noi pe o cale diferită, cu altă ocazie, ne-a dus la relaţii asemănătoare cu acelea ale profesorului Pankin.

Evident, în aceste relaţii nu apare influenţa unghiului α asupra unghiului γ în diverse poziţii şi situaţii, pentru că el însuşi se modifică odată

cu variația lui λ. Practic, modificarea poziției tăișului principal se poate face prin procedeul modificării simultane și a unghiului de așezare, dar menținerea tăișului în planul perpendicular pe planul de bază prezintă oarecare dificultăți.

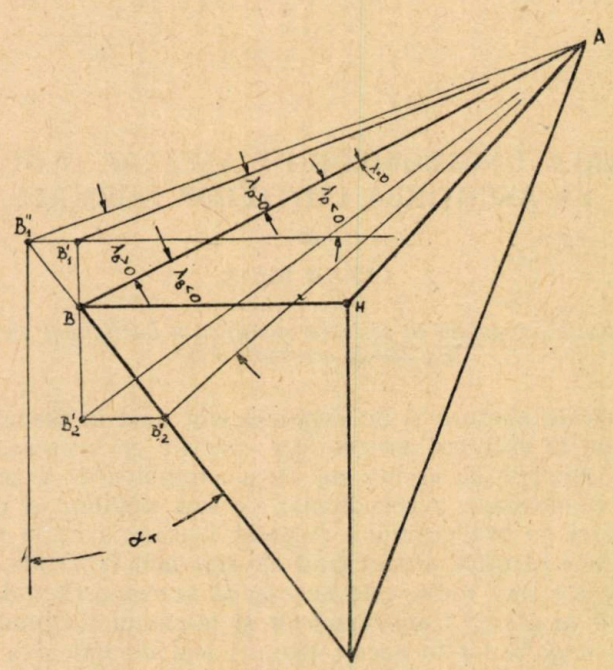


Fig 1.

Transformarea geometriei cuțitului prin deplasarea tăișului într-un plan în care e cuprinsă față de așezare a cuțitului, adică într-un plan înclinat cu $90^0 - \alpha$ pe planul de bază, se poate realiza mai ușor prin forjare.

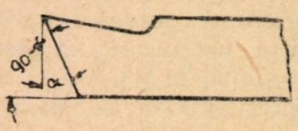


Fig. 2.

Un asemenea caz se întîlnește și el în practică, dar relațiile dintre unghiuri în diversele planuri se modifică.

Am demonstrat aceste relații și în ele apare influența unghiului de așezare α așa cum neîndoios se întîmplă și în realitate.

Demonstrația relațiilor

Dacă notăm și numim:

In cazul $\lambda = 0$

α și γ unghiurile din planul secant principal, α_T și γ_T unghiurile din planul transversal și α_L și γ_L unghiurile din planul longitudinal.

In cazul $\lambda > 0$

$\alpha_T^{\lambda>0}$ și $\gamma_T^{\lambda>0}$, $\alpha_L^{\lambda>0}$ și $\gamma_L^{\lambda>0}$ unghiurile din planul transversal (T) și

respectiv, longitudinal (L) în cazul cînd tăișul principal se ridică de la vîrf spre corpul cuțitului, adică $\lambda > 0$.

In cazul $\lambda < 0$

$\alpha_T^{\lambda<0}$ și $\gamma_T^{\lambda} {}^{0}$, $\alpha_L^{\lambda<0}$ și $\gamma_L^{\lambda<0}$ unghiurile din planul transversal (T) și respectiv, longitudinal (L) în cazul cînd tăișul principal coboară de la vîrf spre corpul cuțitului, adică $\lambda < 0$.

CAZUL I ($\lambda = 0$)

a. DETERMINAREA UNGHIURILOR α_T și α_L

Pe fig. 3 se poate urmări că:

(1) $$\operatorname{tg} \alpha_T = \frac{BH}{HV},$$

(2) $$\operatorname{tg} \alpha = \frac{CH}{HV},$$

(3) $$\frac{\operatorname{tg} \alpha_T}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{BH}{CH},$$

(4) $CH = BH \sin k = AH \cos k,$

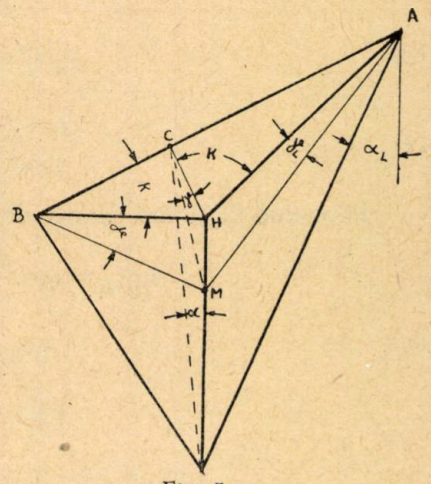


Fig. 3.

De unde:

$$\operatorname{tg} \alpha_T = \operatorname{tg} \alpha \frac{BH}{BH \sin k} \text{ și deci}$$

(A) $$\operatorname{tg} \alpha_T = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin k}.$$

Tot astfel:

(5) $$\operatorname{tg} \alpha_L = \frac{AH}{HV},$$

(6) $$\frac{\operatorname{tg} \alpha_L}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{AH}{CH}.$$

De unde, ținînd seama de (4):

$$\operatorname{tg} \alpha_L = \operatorname{tg} \alpha \frac{AH}{AH \cos k} \text{ și deci}$$

(B) $$\operatorname{tg} \alpha_L = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos k}.$$

b. DETERMINAREA UNGHIURILOR γ_T ŞI γ_L

$$\text{tg}\,\gamma_T = \frac{HM}{BH}, \tag{7}$$

$$\text{tg}\,\gamma = \frac{HM}{CH}, \tag{8}$$

$$\frac{\text{tg}\,\gamma_T}{\text{tg}\,\gamma} = \frac{CH}{BH}. \tag{9}$$

Inlocuind şi ţinînd seama de (4)

$$\text{tg}\,\gamma_T = \text{tg}\,\gamma \frac{BH \sin k}{BH} \text{ şi deci}$$

$$\text{tg}\,\gamma_T = \text{tg}\,\gamma \sin k, \tag{C}$$

$$\text{tg}\,\gamma_L = \frac{HM}{AH}, \tag{10}$$

$$\frac{\text{tg}\,\gamma_L}{\text{tg}\,\gamma} = \frac{CH}{AH}. \tag{11}$$

Inlocuind şi ţinînd seamă de (4)

$$\text{tg}\,\gamma_L = \text{tg}\,\gamma \frac{AH \cos k}{AH} \text{ şi deci}$$

$$\text{tg}\,\gamma_L = \text{tg}\,\gamma \cos k \tag{D}$$

CAZUL II ($\lambda > 0$)

a. DETERMINAREA UNGHIURILOR $\alpha_T^{\lambda>0}$ şi $\alpha_L^{\lambda>0}$

Pe fig. 4 se vede că $\alpha_T^{\lambda>0} = \alpha_T = \alpha_T^{\lambda<0}$ şi de asemenea că α_L nu se schimbă. Deci $\alpha_L^{\lambda>0} = \alpha_L = \alpha_L^{\lambda<0}$.

b. DETERMINAREA UNGHIULUI $\gamma_T^{\lambda>0}$

Pe fig. 4 se vede că:

$$\text{tg}\,\gamma_T^{\lambda>0} = \frac{H'M}{B'H'} = \frac{HM - H'H}{BH - B'B_1}. \tag{12}$$

Se determină fiecare membru al fracţiei din membrul al doilea din (12).

$$HM = BH\ \text{tg}\,\gamma_T\ ,\quad H'H = AB\ \text{tg}\,\lambda\ ,\quad B'B_1 = H'H\ \text{tg}\,\alpha_T = \\ = AB\ \text{tg}\,\lambda\ \text{tg}\,\alpha_T, \tag{13}$$

(14) $$AB = \frac{BH}{\cos k}$$

și deci

(15) $$H'H = BH \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k},$$

(16) $$B'B_1 = BH \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k} \operatorname{tg} \alpha_T .$$

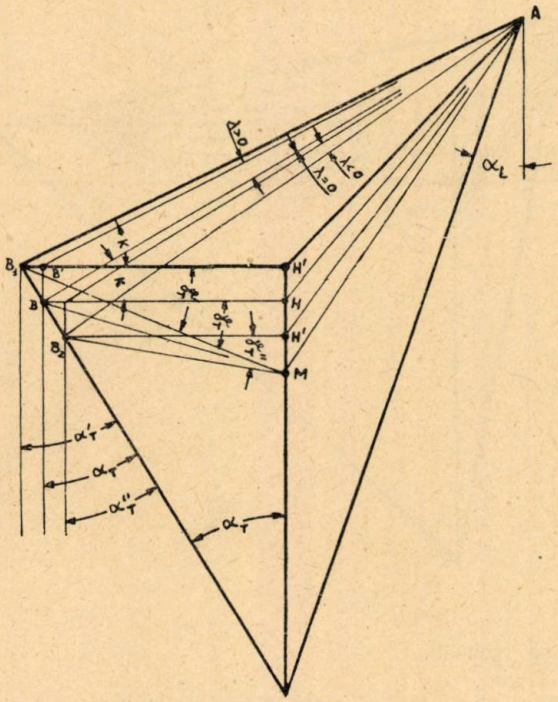


Fig. 4.

Inlocuind în (16) aceste expresii:

$$\operatorname{tg} \gamma_T^{\lambda > 0} = \frac{BH \operatorname{tg} \gamma_T + BH \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k}}{BH + BH \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k} \operatorname{tg} \alpha_T}.$$

Ținînd seamă de (A) și de (C), vom avea:

(E) $$\operatorname{tg} \gamma_T^{\lambda > 0} = \frac{\operatorname{tg} \gamma \sin k + \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k}}{1 + \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\cos k} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin k}}.$$

c. DETERMINAREA UNGHIULUI $\gamma_L^{\lambda>0}$

Pe fig. 5 se vede că:

(17) $$\gamma_L^{\lambda>0} = \gamma_L + \lambda,$$

(18) $$\operatorname{tg}\gamma_L^{\lambda>0} = \operatorname{tg}(\gamma_L + \lambda),$$

(19) $$\operatorname{tg}\gamma_L^{\lambda>0} = \frac{\operatorname{tg}\gamma_L + \operatorname{tg}\lambda}{1 - \operatorname{tg}\gamma_L \operatorname{tg}\lambda}.$$

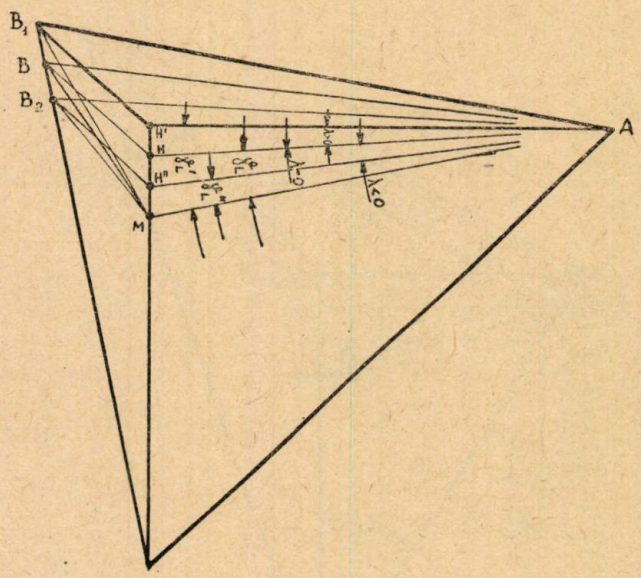


Fig. 5.

Ţinînd seamă de (D).

(F) $$\operatorname{tg}\gamma_L^{\lambda>0} = \frac{\operatorname{tg}\gamma \cdot \cos k + \operatorname{tg}\lambda}{1 - \operatorname{tg}\lambda \operatorname{tg}\gamma \cos k}.$$

CAZUL III ($\lambda < 0$)

a. DETERMINAREA LUI $\gamma_T^{\lambda<0}$

Pe fig. 4 vedem:

(20) $$\operatorname{tg}\gamma_T^{\lambda<0} = \frac{H''M}{B_2H''} - \frac{HM - H''H}{BH - BB''}$$

Făcînd aceleaşi consideraţii ca şi pentru $\gamma_T^{\lambda>0}$ vom obţine:

(G) $$\operatorname{tg}\gamma_T^{\lambda<0} = \frac{\operatorname{tg}\gamma \cdot \sin k - \dfrac{\operatorname{tg}\lambda}{\cos k}}{1 - \dfrac{\operatorname{tg}\lambda}{\cos k} \cdot \dfrac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin k}}.$$

b. DETERMINAREA LUI $\gamma_L^{\lambda<0}$

Pe fig. 5 se vede că:

$$\gamma_L^{\lambda<0} = \gamma_L - \lambda,$$

și deci

$$\text{(H)} \qquad tg\,\gamma_L^{\lambda<0} = \frac{tg\,\gamma\,\cos k - tg\,\lambda}{1 - tg\,\lambda\,tg\,\gamma\,\cos k}.$$

Expresiile (A) — (H) ne dau relațiile ce există între unghiurile de așezare și de degajare considerate în planurile secant principal, transversal și longitudinal. Ele sînt calculate pentru cazul cînd tăișul principal al cuțitului se ridică, se coboară sau rămîne în planul de orientare, această deplasare efectuîndu-se într-un plan care este prelungirea feței principale de așezare.

Se vede din expresiile obținute că atunci cînd dispare unghiul de înclinare λ, ultimile patru expresii se reduc la primele patru, adică la cazul $\lambda = 0$.

In ultimile patru expresii se vede cum influențează unghiurile inițiale de așezare și degajare, adică unghiurile din planul secant principal, asupra unghiurilor din planurile transversal și longitudinal, în afară de influența exercitată de unghiurile de înclinare și de cel de atac principal.

Aceste relații vin să completeze posibilitățile de transformare a geometriei cuțitelor.

Verificarea relațiilor se poate face prin mijloace grafice, proectînd pe un singur plan secțiunile pe care le fac cele trei planuri citate: planul secant principal, planul transversal și planul longitudinal.

Catedra de Scule și dispozitive

BIBLIOGRAFIE

1. Панкин А. В., Станки и инструмент, 1940, No. 8—9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДНИХ И ПЕРЕДНИХ УГЛОВ ДЛЯ НОРМАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ ПРИ ОТТАЧИВАНИИ

(Краткое содержание)

Определяются выражения дающие задние и передние углы на продольной плоскости токарного резца.

Автор рассматривает точение на плоскости задней поверхности вместо плоскости перпендикулярной на основную плоскость и получает зависимости отличные от классических.

DÉTERMINATION DES ANGLES DE DÉPOUILLE ET DE DÉGAGEMENT EN VUE DE L'AFFUTAGE DES OUTILS DE TOUR

(R é s u m é)

On détermine les relations qui donnent les angles de dépouille et de dégagement dans les plans longitudinal et transversal de l'outil.

L'Auteur considère qui l'affûtage s'effectue dans le plan de la surface de dépouille et pas dans le plan perpendiculaire au plan de base. Il obtient ainsi d'autres relations, différentes de celles habituellement employées.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

DETERMINAREA COORDONATELOR DE LUCRU ALE FREZEI CE TAIE CANALELE UNUI ALEZOR

DE

CEZAR BUDA

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

Pentru a tăia canale helicoidale sau drepte pe suprafeţe cilindrice, cu ajutorul frezelor uniunghiulare sau dublu unghiulare, este nevoie să se determine profilul frezei precum şi aşezarea ei pe maşina de frezat, în raport cu semifabricantul ce se prelucrează.

Din acest studiu mai cuprinzător ne vom ocupa doar de determinarea coordonatelor de lucru ale frezelor în cazul tăierii canalelor drepte, adică în cazul fasonării dinţilor drepţi de alezor.

Studiul se referă la patru cazuri distincte cu cîte două variante. Coordonatele unora din aceste cazuri sînt date de relaţii complexe de a căror demonstrare nu s-a ocupat nimeni pînă în prezent în literatura tehnică românească, aşa încît simpla copiere din agende sau tratate de specialitate, nu dă nimănui prilejul de a le verifica exactitatea. Pentru aceste motive am întreprins demonstrarea acestor relaţii în următoarele cazuri:

Aşezarea frezei pentru tăiat dinţi drepţi:

I. Cu freză dubluunghiulară, cînd se dă înălţimea h a dintelui.

a. cu unghi de degajare $\gamma > 0$;
b. cu unghi de degajare $\lambda = 0$.

II. Cu freză dubluunghiulară, cînd se dă faţeta f a dintelui.

a. cu $\gamma > 0$;
b. $\omega\gamma = 0$.

III. Cu freză uniunghiulară cînd se dă h.

a. cu $\gamma > 0$;
b. $\omega\gamma = 0$.

IV. Cu freza uniunghiulară cînd se dă f.

a. cu $\gamma > 0$;
b. $\omega\gamma - 0$.

I. Frezarea dinţilor drepţi cu freze dubluunghiulare cînd se dă înălţimea dintelui

a. CAZUL CÎND $\gamma > 0$.

Tăierea frezelor cilindrice.

Coordonatele de lucru sînt:

E — deplasarea laterală a mesei maşinei de frezat;

H — ridicarea verticală a mesei maşinei de frezat.

Poziţia frezei faţă de semifabricat este indicată pe fig. 1.

Determinarea lui E. ($E = \overline{OM_0} - \overline{M_0a} - \overline{ab}$).

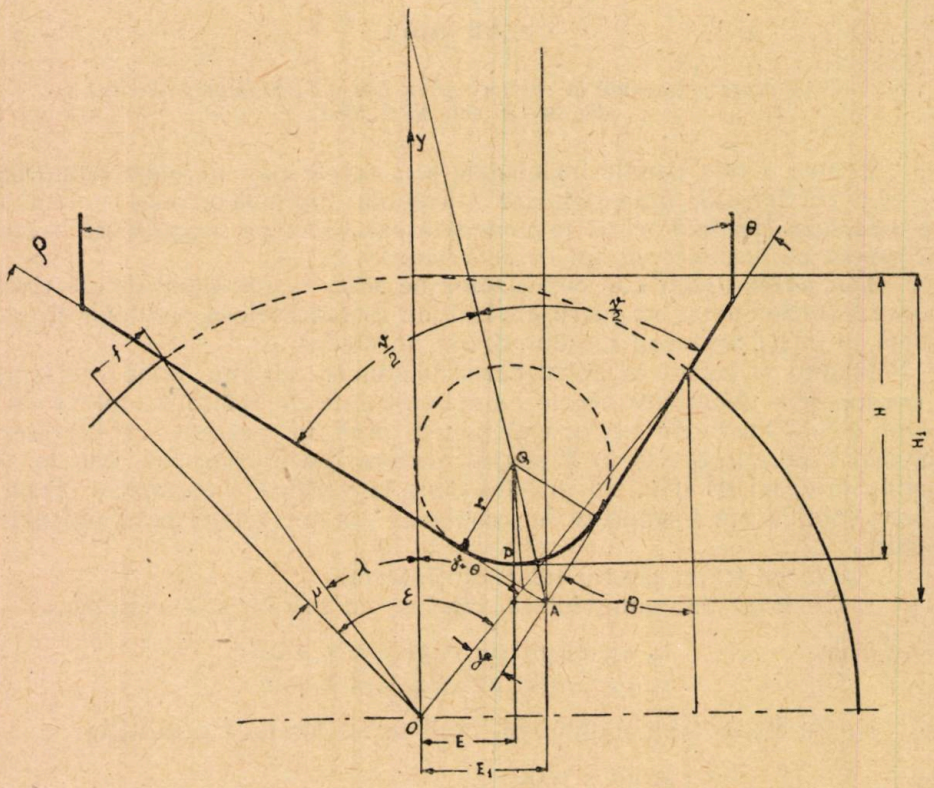


Fig. 1.

Notăm:

$$\overline{OM_0} = X,\ aM_0 = Y,\ ab = T,$$

$$E = X - Y - T. \tag{I.1}$$

Din triunghiul OM_0M, $X = R \sin(\theta + \gamma)$, din triunghiul AMM', $Y = h \sin\theta$ iar din triunghiul KBA, $T = r\sqrt{2} \cdot \sin(45° - \theta)$.

Aşa încît conform relaţiei (I. 1) vom avea:

(I. 2) $$E = R \sin(\theta + \gamma) - h \sin\theta - r\sqrt{2} \sin(45° - \theta).$$

Toate elementele membrului din dreapta sînt cunoscute.

Determinarea lui H.

(I.3) $$H = H_1 - f\,;\; H_1 = R - (MM_0 - MM')\,;\; f = k\,B \quad r.$$

Din triunghiul OM_0M, $MM_0 = R \cos(\theta + \gamma)$, din triunghiul $BM'M$, $MM' = h \cos\theta$, iar din triunghiul AkB, $kA = r\sqrt{2}$ şi $kB = kA.\cos(\theta + \gamma)$. Astfel, vom avea:

(I.4) $$H = R[1 - \cos(\theta + \gamma)] - h\cos\theta - r[\sqrt{2}\cos(\theta - 45°) - 1].$$

CAZUL CÎND $\gamma = 0$

Formulele (I.2) şi (I.4) devin:

(I.5) $$E = (R - h)\sin\theta - r\sqrt{2}\sin(45° - \theta),$$

(I.6) $$H = R - (R - h)\cos\theta - r[\sqrt{2}\cos(45° - \theta) - 1].$$

II. Frezarea dinţilor drepţi cînd se dă faţeta *f* cu freză dubluunghiulară

CAZUL CÎND $\gamma > 0$

Tăierea alezoarelor.

In cazul cînd este cunoscută faţeta f a dintelui se cunoaşte şi unghiul la centru corespunzător. Ceilalţi parametri geometrici, atît ai sculei tăietoare cît şi ai frezei cu care ea este lucrată, sînt cei indicaţi pe fig. 2.

Dacă z este numărul de dinţi ce se taie pe suprafaţa cilindrică a semifabricatului, atunci:

(a) $$\epsilon = \frac{360}{z} = \mu + \lambda + \gamma + \theta$$

aşa încît

(b) $$\lambda = \epsilon - \mu - \gamma - \theta$$

şi

(c) $$\rho = \delta - \theta\,.$$

In acest fel toate unghiurile sînt legate între ele. Determinarea coordonatelor de lucru este ceva mai complicată în acest caz.

Determinarea lui E.

Se vede din fig. 3 că $E_1 = E + T$, iar mărimea T poate fi aflată cunoscînd raza de rotunjire r a frezei lucrătoare (fig. 4).

Din mărimile notate pe figură putem afla imediat pe X, căci $OM = R$, raza semifabricatului, iar unghiul $OMm = \gamma + \theta$, deci:

(II.1) $$X = R \sin(\gamma + \theta)\,.$$

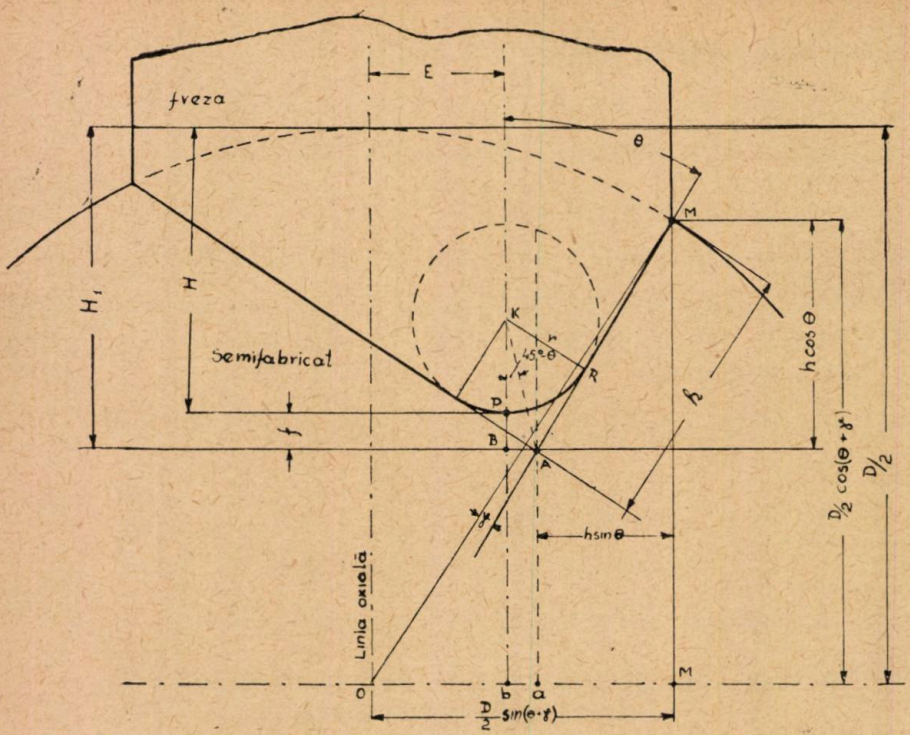


Fig. 2.

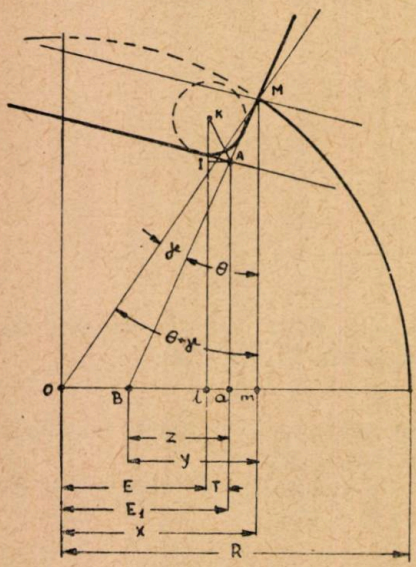


Fig. 3.

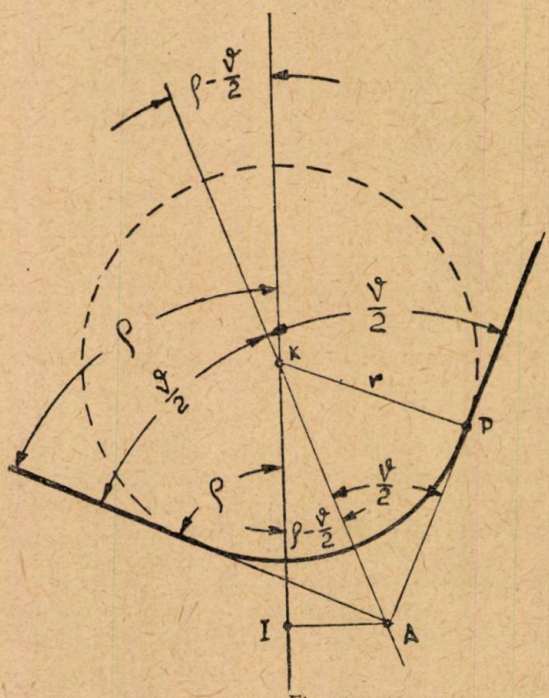


Fig. 4.

După cum se vede pe fig. 3:

$$E = X - \overline{am} - \overline{ia};$$

dar $\overline{am} = Y - Z$ și $\overline{ia} = T$, încît:

$$E = X - Y + Z - T. \tag{II.2}$$

Cunoscînd pe X și putîndu-l afla pe T ar mai rămîne să determinăm pe Z și pe Y.

Determinarea lui T $(T = \overline{IA})$

Din triunghiul kPA găsim:

$$\overline{kA} = \frac{r}{\sin\frac{\delta}{2}}.$$

Din triunghiul kIA:

$$\overline{IA} = kA \sin\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)$$

sau

$$T = \frac{r \sin\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)}{\sin\frac{\delta}{2}}. \tag{II.3}$$

Determinarea lui Z *și* Y

După cum se vede nu este nici o posibilitate de a determina pe Y sau pe Z, în poziția în care aceste mărimi sînt reprezentate în fig. 3.

Să dăm o mișcare de translație triunghiurilor asemenea AaB și MmB, pînă cînd dreapta BM trece prin origină făcînd ca baza acestor triunghiuri să alunece pe axa absciselor (fig. 5). Ele vor veni în poziția OA_1a_1 și OM_1m_1 așa încît:

$$Oa_1 = Ba \text{ și } Om_1 = Bm,$$

sau

$$Oa_1 = Ba = Z \text{ și } Om_1 = Bm = Y.$$

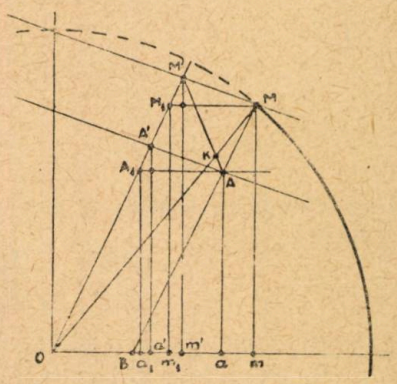


Fig. 5.

Nu vom putea calcula nici acum pe $Oa_1 = Z$ și pe $Om_1 = Y$, dar vom putea calcula pe Oa' și pe Om'. Să le notăm respectiv cu Z' și Y'. Cum Z' este mai mare ca Z cu aceeași cantitate cu care Y' este mai mare ca Y adică $Z' = Z + \Delta$ și $Y' = Y + \Delta$, vom avea:

$$Y' - Z' = Y - Z. \tag{II.4}$$

Calculînd deci pe Y' şi pe Z' vom avea calculaţi pe Y şi Z.

Cantitatea $\Delta = a_1a = m_1m'$ pentru că triunghiurile $MM'M_1 \equiv AA'A_1$ ca avînd două laturi egale şi paralele. Piciorul perpendicularelor adică înălţimile triunghiurilor coborîte din M' şi din A' sînt egal depărtate de M_1 şi de A_1 şi deci $a_1a' = m_1m'$.

Dacă deci vom determina pe Y' şi pe Z', problema este rezolvată.

Determinarea lui Y'

Din triunghiul OMB_2 se vede că unghiul din M este egal su $\delta + \gamma$ şi cel din B_2 este egal cu $\rho - \lambda$, iar $\overline{OM} = R$.

Aplicăm teorema sinusurilor:

$$\frac{OB_2}{\sin(\delta + \gamma)} = \frac{OM}{\sin(\rho - \lambda)}$$

de unde scoatem:

(II.5) $$OB_2 = \frac{R \sin(\delta + \gamma)}{\sin(\rho - \lambda)}$$

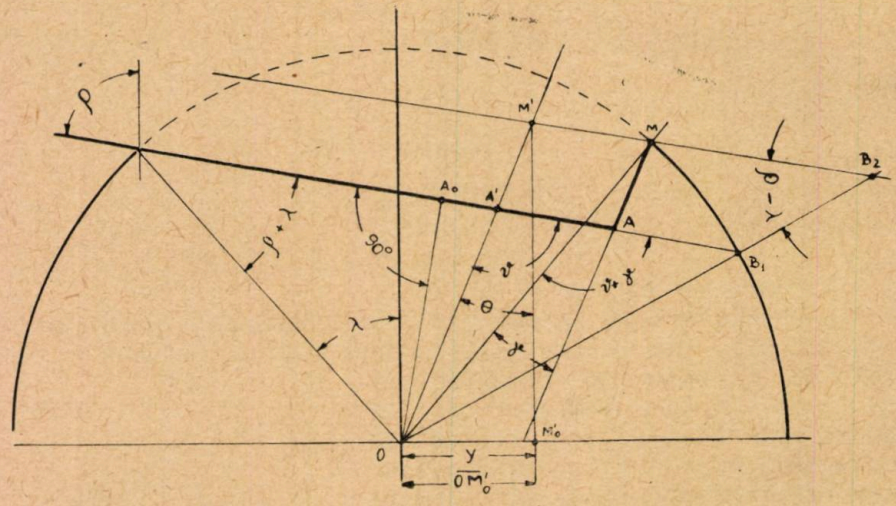


Fig. 6.

Din triunghiul $OM'B_2$ şi din triunghiul $OA'B_1$, care sînt asemenea putem scrie:

$$\frac{OM'}{OA'} = \frac{OB_2}{OB_1} \text{ sau } OM' = \frac{OB_2 \cdot OA'}{OB_1},$$

(pe OB_2 l-am determinat în (II.5), $OB_1 = R$; să determinăm pe OA'.

In triunghiul OA_0B_1, $OB_1 = R$ şi unghiul din B_1 este egal cu $\rho - \lambda$, aşa încît:

(II.6) $$OA_0 = R \sin(\rho - \lambda),$$

(II.7) $$OA' = \frac{OA_0}{\sin \delta} = \frac{R \sin(\rho - \lambda)}{\sin \delta}.$$

Astfel înlocuim în relația care ne dă pe OM' valorile găsite în expresiile (II,5) și (II.7)

$$OM' = \frac{R \sin (\delta + \gamma)}{\sin \delta}. \tag{II.8}$$

Se vede pe fig. 6 că $Y' = OM' \sin \theta$ și deci:

$$Y' = \frac{R \sin (\delta + \gamma)}{\sin \delta} \sin \theta. \tag{II.9}$$

Determinarea lui Z'

Aplicînd teorema sinusurilor în triunghiul $OA'B'$, obținem:

$$\frac{OB_1}{\sin \delta} = \frac{OA'}{\sin (\rho - \lambda)}.$$

Știm că $OB_1 = R$ și din (II.7) luăm pe OA' și cum $Z' = OA' \cdot \sin \theta$, vom avea:

$$Z' = \frac{R \sin (\rho - \lambda)}{\sin \delta} \sin \theta. \tag{II.10}$$

Am văzut din relația (II.4) că $Y' - Z' = Y - Z$, așa încît după relația II.2) vom avea:

$$(E = X - (Y - Z) - T \equiv X - (Y' - Z') - T$$

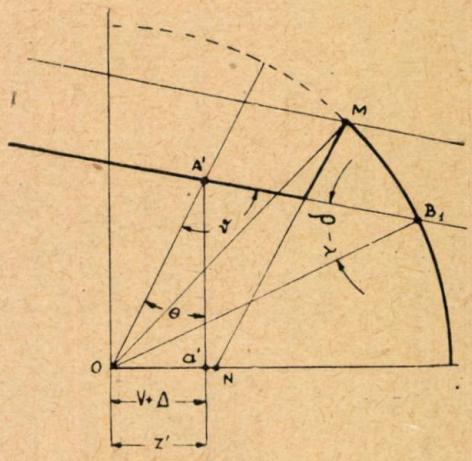


Fig. 7.

și deci ținînd seamă de relațiile (II.1), (II.3), (II.9) și (II 10), obținem:

$$E = R\left[\sin (\gamma + \theta) - \frac{\sin (\delta + \gamma) - \sin (\rho - \lambda)}{\sin \delta} \sin \theta\right] - \frac{r \sin (\rho - \frac{\delta}{2})}{\sin \frac{\delta}{2}}. \tag{II.11}$$

Aceasta este coordonata de lucru în cazul cînd se cunoaște raza r de rotunjire a frezei lucrătoare. În practică așezarea frezei se face cu șablonul și în acest caz este nevoe de deplasarea laterală E_1 a cărei expresie va fi:

$$E_1 = R\left[\sin (\gamma + \theta) - \frac{\sin (\delta + \gamma) - \sin (\rho - \lambda)}{\sin \delta} \sin \theta\right]. \tag{II.12}$$

Determinarea coordonatei H, (înălțimea sau ridicarea verticală a mesei mașinei de frezat).

Se vede pe fig. 8 că:

$$H = \overline{OD} - \overline{OE} + \overline{EF} - \overline{LA} - \overline{GI}, \tag{II.13}$$

Ţinînd seamă de relaţiile determinate mai înainte, vom avea:

$$(\alpha) \qquad OD = R;\ OE = OA_0 \cdot \frac{1}{\sin \rho}.$$

Înlocuind pe OA_0 din (I'.6) obţinem:

$$(\beta) \qquad OE = \frac{R \sin (\rho - \lambda)}{\sin \rho};\ EF = FQ \cdot \operatorname{cotg} \rho.$$

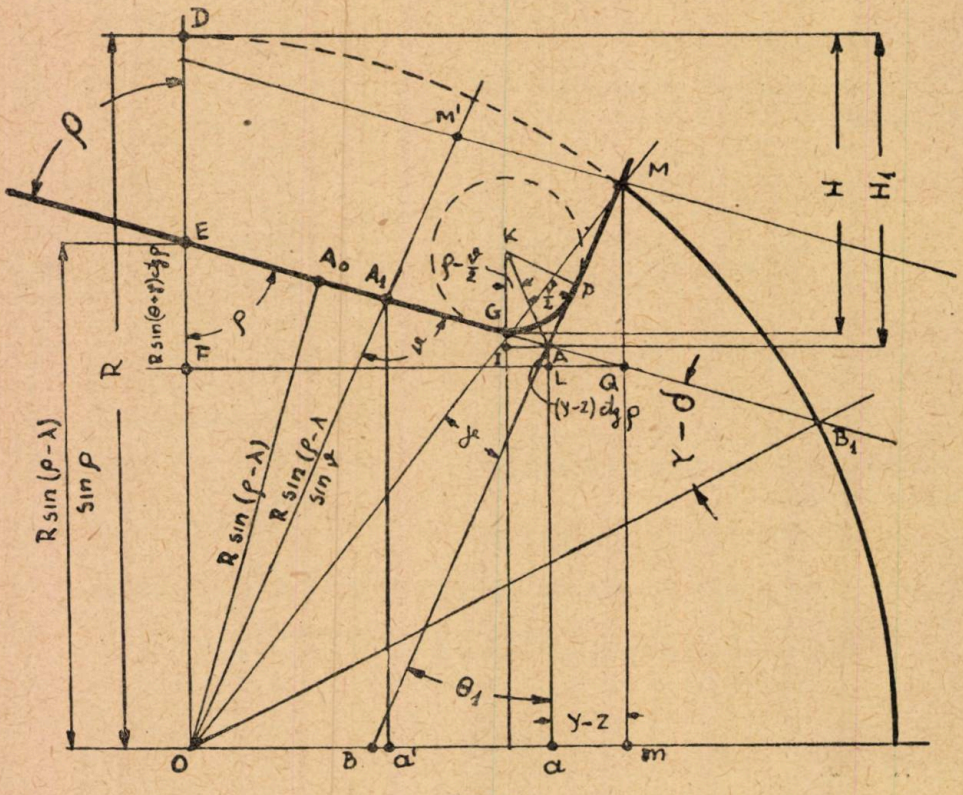


Fig. 8.

Se vede că $FQ = X$ şi deci ţinînd seamă de (II.1), obţinem:

$$(\gamma) \qquad EF = R \sin (\theta + \gamma) \operatorname{cotg} \rho;\ LA = LQ \cdot \operatorname{cotg} \rho.$$

Ţinînd seamă că $LQ = Y - Z$, diferenţă cunoscută din (II.9) şi (II.10):

$$(\delta) \qquad LA = R \sin \theta \frac{\sin (\delta + \gamma) - \sin (\rho - \lambda)}{\sin \delta} \operatorname{cotg} \rho;\ GI = kI - kG.$$

Se vede că $kG = r$, $kI = kA \cdot \cos (\rho - \frac{\delta}{2})$, $kA = \frac{r}{\sin \frac{\delta}{2}}$

şi deci:

$$(\epsilon) \qquad GI = r\left[\frac{\cos\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)}{\sin\frac{\delta}{2}} - 1\right].$$

Inlocuind expresiile (α) - (ϵ) în ecuația (II.13), obținem:

$$H = R\left\{1 - \frac{\sin(\rho - \lambda)}{\sin\rho} + \sin(\theta + \gamma) - \right.$$

$$\left. - \frac{\sin(\delta + \gamma) - \sin(\rho - \lambda)}{\sin\delta}\sin\theta\right]\operatorname{cotg}\rho\Big\} - r\left[\frac{\cos\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)}{\sin\frac{\delta}{2}} - 1\right]. \qquad \text{(II.14)}$$

Coordonata H_1 cu șablon va fi $H_1 = H + \overline{GI}$ și deci expresia sa va fi asemănătoare cu (II.14) cu deosebirea că nu va mai avea ultimul termen în r.

Demonstrînd geometric deducerea relațiilor care dau coordonatele de lucru, se precizează fără echivoc valoarea acestor expresii. Procedeul de frezare a canalelor drepte pe o suprafață cilindrică utilizîndu-se mai cu seamă la realizarea dinților de alezor, unde pentru fiecare dinte de alezor trebuie modificate coordonatele de lucru ale frezei, întrucît cu fiecare dinte se modifică unghiul ϵ (v. fig. 2), precizarea adusă este cu atît mai necesară cu cît alezorul este o sculă de finisare, deci de precizie.

CAZUL CÎND $\gamma = 0$

Formulele (II.11) și (II.14) devin:

$$E = R\sin\theta\left[1 - \frac{\sin\delta - \sin(\rho - \lambda)}{\sin\delta}\right] - \frac{r\sin\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)}{\sin\frac{\delta}{2}}, \qquad \text{(II.11')}$$

$$H = R\left\{1 - \frac{\sin(\rho - \lambda)}{\sin\rho} + \sin\theta\left[1 - \frac{\sin\delta - \sin(\rho - \lambda)}{\sin\delta}\right]\operatorname{cotg}\rho\right\} - \qquad \text{(II.14')}$$

$$- r\left[\frac{\cos\left(\rho - \frac{\delta}{2}\right)}{\sin\frac{\delta}{2}} - 1\right].$$

Pentru coordonatele E_1 și H_1 în acest caz expresiile sînt identice cu (II.11') și (II.14') dar fără termenii în r.

III. Frezarea dinţilor drepţi cînd freza este uniunghiulară şi se dă înălţimea h a dintelui

CAZUL CÎND $\gamma > 0$

Dete minarea lui E.

$$E_1 = OM \cdot \sin\gamma = R\sin\gamma,\ E = R\sin\gamma - r$$

Determinarea lui H.

$H = h - x$, dar $x = R - R\cos\gamma$ şi deci: $H = h - R(1 - \cos\gamma)$.

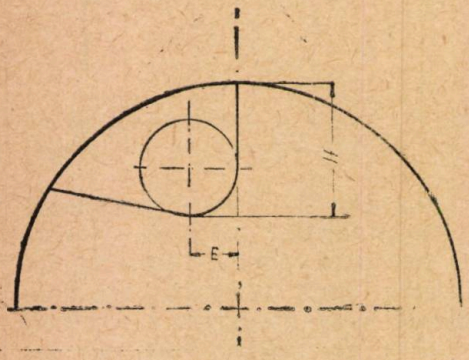


Fig. 9.

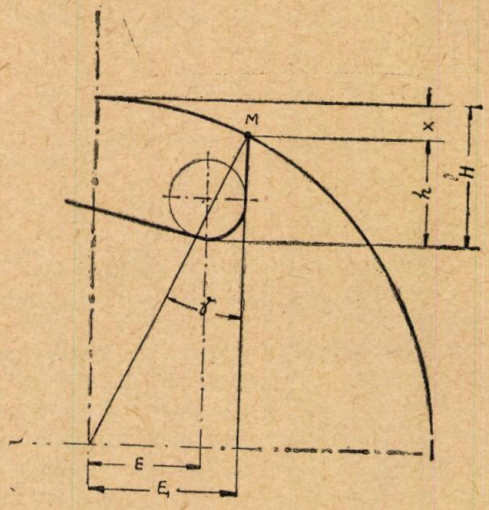


Fig. 10.

CAZUL CÎND $\gamma = 0$

Faţa de degajare a dintelui coincide cu axa verticală a secţiunii semifabricatului.

$$E_1 = 0;\ E = -r;\ H = h.$$

IV. Frezarea dinţilor drepţi cu freză uniunghiulară cînd se dă faţeta dintelui tăiat

Problema este aproape aceeaşi ca în cazul II, dar ceva mai simplă

CAZUL CÎND $\gamma > 0$

Determinarea lui E.

$$E_1 = R\sin\gamma;\ E = R\sin\gamma - r.$$

Din figură se vede că:

$$\frac{f}{2} = R\sin\frac{\mu}{2},\ \lambda = \xi - \mu - \gamma,\ \text{iar}\ \sin\frac{\mu}{2} = \frac{f}{2R}.$$

Determinarea lui H.

$$H = R - \overline{OE} + \overline{EF} - \overline{GI};$$

$$OE = \frac{OA_0}{\sin\delta};\ OA_0 = R\sin(\delta - \lambda);\ OE = \frac{R\sin(\delta - \lambda)}{\sin\delta};$$

$$EF = FA \cdot \operatorname{cotg} \delta ; FA = R \sin \gamma ; EF = R \sin \gamma \operatorname{cotg} \delta ;$$

$$GI = kI - KG ; kI = kA \cdot \cos \frac{\delta}{2} ;$$

$kA = \dfrac{r}{\sin \dfrac{\delta}{2}}$ şi deci $kI = \dfrac{r \cos \dfrac{\delta}{2}}{\sin \dfrac{\delta}{2}} = r \operatorname{cotg} \dfrac{\delta}{2}$; cum $kG = r$, vom avea:

$$GI = r \left[\operatorname{cotg} \frac{\delta}{2} - 1 \right],$$

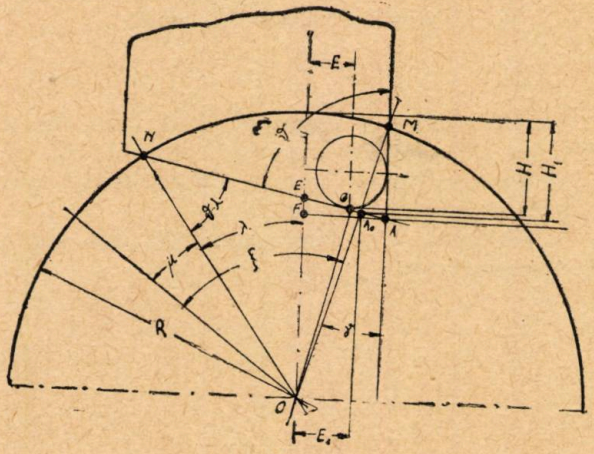


Fig. 11.

aşa încît în virtutea expresiei lui H de mai sus obţinem:

$$H = R \left[1 - \frac{\sin (\delta - \lambda)}{\sin \delta} + \sin \gamma \operatorname{cotg} \delta \right] + r \left(1 - \operatorname{cotg} \frac{\delta}{2}\right).$$

CAZUL CÎND $\gamma = 0$

Coordonatele devin:

$$E_1 = 0 ; E = -r ;$$

$$H = R \left[1 - \frac{\sin (\delta - \lambda)}{\sin \delta} \right] + r \left(1 - \operatorname{cotg} \frac{\delta}{2}\right) ;$$

$$H_1 = R \left[1 - \frac{\sin (\delta - \lambda)}{\sin \delta} \right].$$

Catedra de Scule şi Dispozitive

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ КООРДИНАТ ФРЕЗЫ РЕЖУЩЕЙ КАНАВКИ РАЗВЕРТКИ

(Краткое содержание)

В зависимости от параметров канавок развёртки и фрезы их режущей, определяется начальное положение фрезы в системе координат составленной вертикальным подъемом и боковым перемещением стола фрезерного станка.

Здесь излагается вывод выражений этих координат в том случае когда канавки прямолинейные.

DÉTERMINATION DES COORDONNÉES DE LA FRAISE QUI REALISE LES RAINURES D'UN ALÉSOIR

(Résumé)

En partant des éléments des rainures et de ceux de la fraise qui effectue l'opération, on détermine la position initiale de la fraise dans un système de coordonnées formé par le déplacement vertical et latéral de la table de la machine à fraiser.

On expose la déduction des expressions de ces coordonnées dans e cas des rainures rectilignes.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAȘI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

STUDIUL UNEI CONSTRUCȚII RAȚIONALE A ROȚILOR DE ABATERE PENTRU LANȚURI SUDATE, CALIBRATE, CU ZALE SCURTE.

DE

VICTOR BAUȘIC și CRISTIAN LINDE

Comunicare prezentată în sesiunea științifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

Lanțurile sudate, calibrate, cu zale scurte (STAS 1525-50) sînt frecvent utilizate — la multe tipuri de aparate și mașini de ridicat — ca organ pentru suspendarea sarcinii. In majoritatea cazurilor lanțul este abătut cu ajutorul unor roți (roți de abatere) cu scopul fie a repartizării greutății sarcinii pe mai multe ramuri de lanț, fie a adaptării traiectoriei lanțului la construcția aparatului sau mașinii de ridicat.

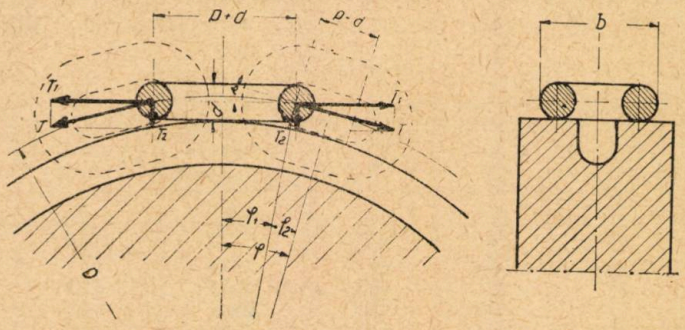


Fig. 1.

Roțile de abatere obișnuite au suprafața de rezemare a zalelor „culcate" executată după o suprafață cilindrică (fig. 1), ceea ce face ca zalele de lanț „culcate", ce reazimă pe roată, să fie solicitate în afară de întindere și la încovoiere.

Cu notațiile din fig. 1. rezultă:

a. un efort unitar din solicitarea la întindere

$$\sigma_t = \frac{T_1}{2\frac{\pi d^2}{4}}, \tag{1}$$

b. un efort unitar din solicitarea la încovoiere

$$\sigma_i = \frac{T_2 \frac{p+d}{2}}{2\frac{\pi}{32}d^3}, \tag{2}$$

unde $T_1 = T\cos\varphi$ și $T_2 = T \sin\varphi$.

Efortul unitar total este:

$$\sigma = \sigma_t + \sigma_i = \frac{2T}{\pi d^2}\left[\cos\varphi + 4\left(\frac{p}{d}+1\right)\sin\varphi\right]. \tag{3}$$

Valoarea unghiului φ (unghiul dintre axele longitudinale a două zale consecutive) depinde de dimensiunile lanțului și de diametrul primitiv D al roții de abatere. Din fig. 1 rezultă:

$$\sin\varphi = \sin(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{1}{D^2}\left[(p+d)\sqrt{D^2-(p-d)^2} + (p-d)\sqrt{D^2-(p+d)^2}\right],$$

$$\cos\varphi = \cos(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{1}{D^2}\left[\sqrt{D^2-(p-d)^2}\cdot\sqrt{D^2-(p+d)^2} - (p^2-d^2)\right].$$

Alegerea lanțului se face astfel ca forța efectivă de întindere să nu depășească valorile sarcinii de utilizare indicată, pentru fiecare dimensiune de lanț, în STAS 1525-50. In consecință, în porțiunile rectilinii ale lanțului, efortul unitar de întindere, calculat cu formula (1), rezultă în medie de 566 kg/cm² (v. col. 5 din tabela 1), iar coeficientul de siguranță, calculat pentru rezistența de rupere a materialului din care se confecționează lanțul (OL 34), rezultă în medie de 6,11 (v. col. 7 din tabela 1).

Tabela 1

Nr. crt.	Diam. nom. al lanț. în mm d*)	Pasul nom. al lanț. în mm p*)	Sarcina de util. în kg T*)	Efortul unitar de întindere în port. rectilinie în kg/cm² σ_u	Efortul unitar total pe roată în kg/cm² σ	Coef. de sig. c. $C_u = \frac{3400}{\sigma_u}$	Coef. de sig. c. $C_u = \frac{3400}{\sigma}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	18,5	160	407	3175	8,35	1,07
2	6	18,5	250	442	2442	7,70	1,39
3	7	22	370	480	2930	7,09	1,16
4	8	24	540	538	2982	6,32	1,14
5	9,5	27	850	600	3170	5,68	1,07
6	11	31	1140	550	3170	6,18	1,07
7	13	36	1590	600	3050	5,68	1,11
8	16	45	2500	620	3240	5,50	1,05
9	18	50	3060	600	3070	5,68	1,11
10	20	56	3780	585	3110	5,83	1,09
11	23	64	5000	600	3085	5,68	1,10
12	26	72	6390	600	3060	5,68	1,11
13	28	78	7500	610	3140	5,58	1,08
14	30	84	8500	600	3125	5,68	1,09
15	32	90	9670	600	3140	5,68	1,08
16	35	98	11570	550	3110	6,18	1,09
17	38	106	13640	600	3080	5,68	1,10
18	41	114	15880	600	3080	5,68	1,10

*) După STAS 1525—50

Valoarea minimă a diametrului primitiv al roții de abatere, după recomandările literaturii tehnice de specialitate [1], se alege $D = 20\ d$.

Pentru valoarea minimă a diametrului primitiv al roții de abatere, în zalele lanțurilor înfășurate pe roți, efortul unitar total, calculat cu formula (3), rezultă în medie de 3065 kg/cm^2 (v. col. 6 din tabela 1), iar coeficientul de siguranță calculat pentru rezistența de rupere rezultă în medie de 1,12 (v. col. 8 din tabela 1).

Se constată că zalele lanțurilor înfășurate pe roți de abatere obișnuite și de diametrul minim sînt inadmisibil suprasolicitate. La palanele cu melc, executate în serie de una din fabricile noastre, se utilizează pentru roata de abatere, în vederea reducerii gabaritelor, diametre mai mici chiar de cît valoarea minimă indicată, ceea ce conduce în mod evident la o suprasolicitare încă mai mare a zalelor lanțurilor.

Pentru a evita suprasolicitarea prin încovoiere a zalelor lanțului unele din publicațiile de specialitate [2] recomandă executarea roților cu suprafața de rezemare a zalelor „culcate" după o suprafață conică cu o pantă de 1 : 4, fără a indica însă dependența între pantă, dimensiunile lanțului și ale roților.

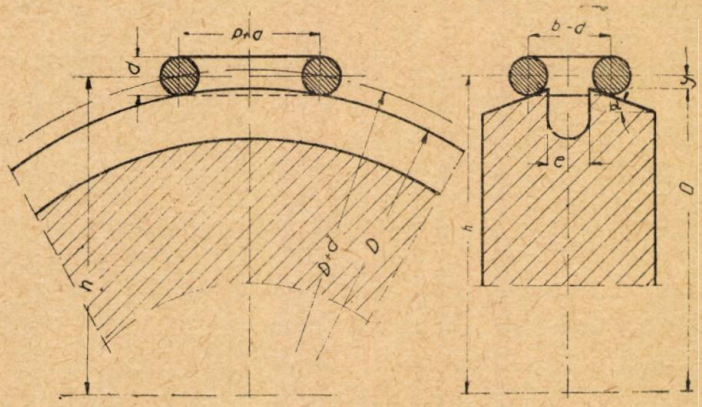


Fig. 2.

Ne propunem să stabilim această dependență cu condiția ca zalele de lanț „culcate" pe roata de construcție specială (fig. 2) să nu fie solicitate la încovoiere. In acest caz zala trebuie să se sprijine prin capetele ei pe muchiile șanțului roții, iar mijlocul său să fie cel mult tangent la suprafața conică a roții. Cu aceste condiții și cu notația din fig. 2 rezultă :

$$\frac{D}{2} = h - y,$$

unde

$$h = \sqrt{\left(\frac{D+d}{2}\right)^2 - \left(\frac{p+d}{2}\right)^2}$$

și

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖNYVTÁRA 1848

$$y = \frac{b - d - e}{2} \operatorname{tg} \varphi + \frac{d}{2 \cos \varphi},$$

aşa încît

$$D = \frac{\left[(b-d-e) \operatorname{tg} \varphi - \frac{d}{\cos \varphi}\right]^2 + p^2 + 2pd}{2\left[(b-d-e) \operatorname{tg} \varphi - \frac{d}{\cos \varphi} + d\right]}. \tag{4}$$

Cu ajutorul formulei (4), care reprezintă dependenţa între diametrul roţii, lăţimea şanţului roţii şi dimensiunile lanţului, se poate calcula fie valoarea diametrului (pentru o pantă dată), fie valoarea pantei (pentru un diametru dat) ce satisfac condiţia de inexistenţă asupra solicitării zalelor lanţului.

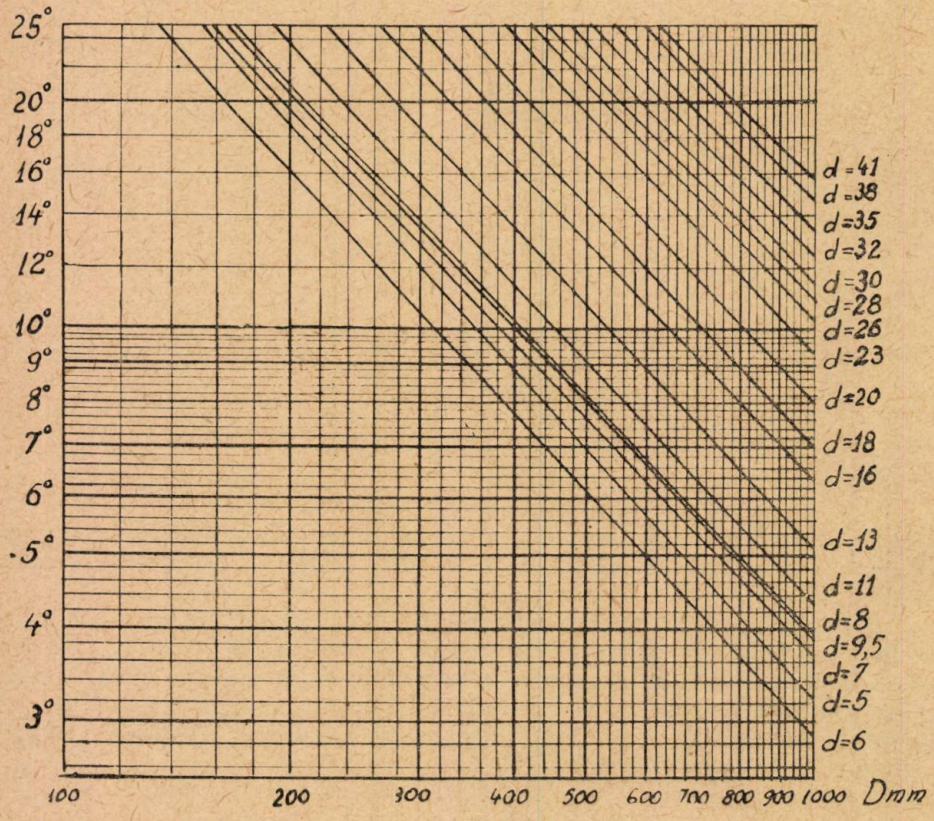


Fig. 3.

Pentru a evita calculul numeric greoi, în fig. 3 sînt trasate ecuaţiile (4) pentru toate lanţurile sudate, calibrate, cu zale scurte, STAS 1525-50. Trasarea s-a făcut în coordonate logaritmice deoarece, în acest sistem de coordonate curbele au, sensibil, forma unor drepte.

La trasarea curbelor valoarea lățimii șanțului roții e s-a ales :

$$e = d + 2 \text{ mm pentru } 5 \leq d \leq 18$$

și

$$e = d + 3 \text{ mm pentru } 18 < d \leq 41.$$

Concluzii

a. Utilizarea roților de abatere cu suprafața de reazim de formă cilindrică nu este admisibilă în condiții de gabarit redus, deoarece conduce la suprasolicitări exagerate ale zalelor lanțului.

b. Obținerea unor gabarite reduse se poate realiza, fără o suprasolicitare a zalelor lanțului, prin folosirea roților de abatere cu suprafața de reazim de formă conică. Valorile diametrului roții, sau a pantei suprafeței conice a acesteia, se pot determina folosind graficul din fig. 3.

Catedra de Rezistența Materialelor
Catedra de Organe de Mașini

BIBLIOGRAFIE

1. * * * Справочник по КОТЛОНАДЗОРУ, Заготиздат, Москва, 1952.
2. Бромберг А. А. и Руденко Н. Ф. Подъемно-транспортные машины, Машгиз, Москва, 1950.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ БЛОКОВ ДЛЯ СВАРНЫХ, КАЛИБРОВАННЫХ, КОРОТКОЗВЕННЫХ ЦЕПЕЙ

(Краткое содержание)

Авторы устанавливают что сварные, калиброванные короткозвенные цепи по СТАС 1525-50, огибающие блоки с цилиндрическими ободами, диаметры которых определены по нормам КОТЛОНАДЗОРА, имеют напряжения близкие к пределу прочности.

Описывается новая конструкция блоков с коническим ободом, вычисляется—для всех сварных, калиброванных, короткозвенных цепей - значение конусности которое позволяет избежать перенапряжение звеньев.

L'ÉTUDE D'UNE CONSTRUCTION RATIONELLE DES POULIES DE GUIDAGE POUR LES CHAÎNES SOUDÉES, CALIBRÉES À MAILLONS COURTS.

(R é s u m é)

Les Auteurs constatent que les chaînes soudées, calibrées a màillons courts STAS 1525-50 enroulées sur des poulies de guidage avec la surface d'enroulement cylindrique et le diamètre déterminé d'après les normes de KOTLONADZOR sont sollicitées prés de la résistence à la rupture.

On présente une nouvelle construction des poulies de guidage caractérisée par la forme conique de la surface d'enroulement ; on calcule pour toutes les chaînes calibrées à maillons courts la valeur de la conicité pour laquelle la sursolicitation des maillons est évitée.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1–2, 1955

TRASAREA PALETELOR UNUI VENTILATOR CENTRIFUGAL

DE
CESAR BUDA

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24 -25 octombrie 1953

Trasarea corectă a paletelor unei maşini centrifugale se definitivează prin verificări experimentale minuţioase, iar unele din ele dează dreptul delicate.

Metodele cele mai precise sînt, în general, şi cele mai laborioase, dar, bineînţeles, reciproca nu e adevărată; de aceea, cînd se impune o metodă complicată de trasare este necesar să se verifice în prealabil, întrucît precizia rezultatelor obţinute justifică munca şi cheltuiala antrenate de o asemenea metodă.

Pentru trasarea paletelor unui rotor de ventilator centrifugal nu este necesară o metodă de precizie, ci de una expeditivă care să dea posibilitatea de a trasa paletele în cele trei forme curbate întrucît a patra formă, palete radiale, se poate obţine doar prin simpla împărţire

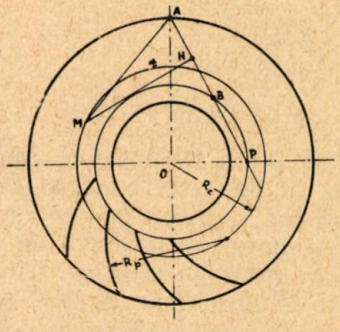


Fig. 1.

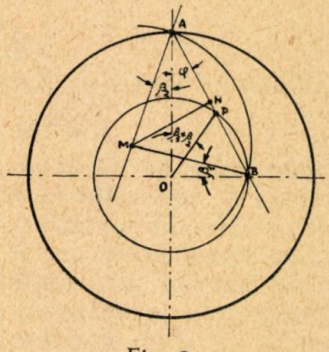


Fig. 2.

a cercului în părţi egale prin raze drepte. Cele trei forme de palete curbate arătate pe fig. 1 reprezintă constructiv posibilităţile de realizare a diverse tipuri de maşini centrifugale pentru o întreagă gamă de performanţe funcţie de unghiul de ieşire din rotor.

Problema trasării paletelor printr-un singur arc de cerc a fost rezolvată de Quantz în 1922. Noi ne propunem să reluăm demon-

strația acestei metode și să arătăm în ce măsură ea dă rezultate valabile în practică.

Să considerăm un rotor de ventilator centrifugal (fig. 1) pe care am avea trasate cele trei forme de palete. Elementele de paletă care ne interesează atît teoretic, cît și practic sînt: diametrul interior D_1 și exterior D_2 ale rotorului; unghiul β_1 al paletei la intrare și β_2 la ieșire.

Presupunem că discul rotorului este decupat în tablă (fig. 2).

Din centrul O, plecînd la dreapta axei AA', ducem un unghiu $\widehat{AOP} \equiv \beta_1 + \beta_2$.

Din punctul A ducem o dreaptă prin P care taie cercul interior în B. Pe mijlocul segmentului AB, în N, ridicăm o perpendiculară. Tot din A ducem la stînga axei AA' o dreaptă AQ care face un unghiu β_2 cu axul AA'. Afirmăm că punctul M de la întretăierea dreptei AQ cu perpendiculara ridicată în N este unul din punctele din care vom putea duce un arc de cerc cu raza $MA = MB$ așa fel încît tangentele la acest arc în punctele A și B să facă unghiurile β_2 și β_1 respectiv cu tangentele la cercurile exterior și interior ale discului rotor.

In adevăr, unind M cu B și O cu M și cu B, vom avea în triunghiurile astfel formate și cu mențiunea că numim φ unghiul format de dreapta AB cu axul AA', mai întîi:

$$\widehat{OPB} = \beta_1 + \beta_2 + \varphi = \widehat{OBP} \tag{1}$$

pentru că $\beta_1 + \beta_2 + \varphi = 180° - \widehat{OPA}$ iar $\widehat{OPB} = 180° - \widehat{OPA}$

Cum $\overline{OP} = \overline{OB}$, $\widehat{OBP} = \widehat{OBP} = 180° - \widehat{OPA}$.

Pe de altă parte: $\widehat{MAB} = \widehat{MBA}$ căci $\widehat{MNA} \equiv \widehat{MNB}$.

Dar

$$\widehat{MAB} = \beta_2 + \varphi = \widehat{MBA}, \tag{2}$$

iar

$$\widehat{OBM} = \widehat{OBP} - \widehat{MBA}. \tag{3}$$

Inlocuind în (3) pe (1) și (2), vom avea:

$$\widehat{OMB} = \beta_1 + \beta_2 + \varphi - \beta_2 - \varphi = \beta_1. \tag{4}$$

Este lesne de văzut acum că trasînd arcul de cerc cu centrul M și cu rază R_p ($R_p = MA = MB$) normalele în punctul A la arcul de cerc și la circumferința exterioară a discului, fac unghiul β_2 pentru că așa l-am luat constructiv, iar normalele în punctul B, la arcul de cerc și la cercul interior al discului rotor, fac unghiul β_1, cum am demonstrat prin relația (4), urmează că și tangentele în punctele A și B la arcul de cerc și la circumferințele exterioară și interioară a discului, fac respectiv unghiurile β_2 și β_1.

Deci, ducînd din M ca centru, determinat ca mai sus, un arc de cerc care trece prin punctele A și prin punctul B, el va determina forma paletei așa ca la intrarea B în rotor paleta să aibă un unghi β_1 iar la ieșirea A, un unghi β_2, unghiuri impuse de condițiile de funcționare și deci dinainte date.

Pentru a trasa toate paletele rotorului va trebui să regăsim tot atîtea poziții ale punctului M atunci cînd plecăm din punctele $A_1, A_2 \ldots$

pentru a trasa paletele respective. Pentru un anumit rotor şi o anumită formă de paletă, R_p este constant. Intrucît punctele A, A_1,... se găsesc pe un cerc, poziţiile succesive ale lui M, M_1, M_2... se vor ordona de asemenea pe un cerc, a cărui rază OM, o vom numi R_c.

Dacă notăm cu R_1 (respectiv D_1) raza sau diametrul cercului mic al rotorului şi cu R_2 (respectiv D_2) raza şi diametrul exterior al rotorului, atunci am putea determina relaţiile ce leagă R_1 şi R_2 de R_p şi R_c în funcţie de forma paletelor.

Conform fig. 2, vom avea:

$$OA = R_2\,;\quad OB = R_1\,;\quad MA = MB = R_p\,;\quad OM = R_c\,.$$

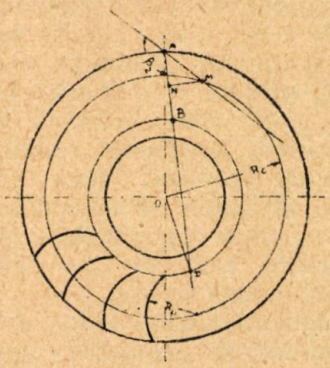


Fig. 3 a.

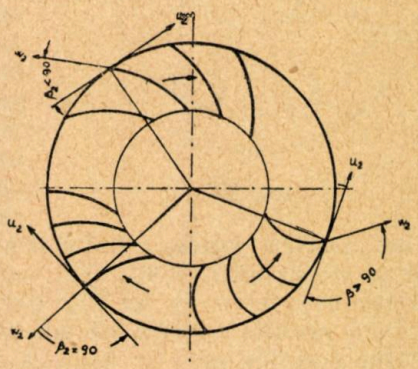


Fig. 3 b.

Aplicînd teorema cosinusului în tr. MAO

$$\overline{OM}^2 = \overline{MA}^2 + \overline{OA}^2 - 2\overline{MA}\,.\,\overline{OA}\,.\cos\beta_2\,,$$

adică:

(5) $$R_c^2 = R_p^2 + R_2^2 - 2R_p R_2 \cos\beta_2\,.$$

De asemenea, în tr. MBO:

(6) $$R_c^2 = R_p^2 + R_1^2 - 2R_p R_1 \cos\beta_1\,.$$

Dacă eliminăm pe R_c între (5) şi (6), obţinem:

(7) $$R_p = \frac{R_2^2 - R_1^2}{D_2\cos\beta_2 - D_1\cos\beta_1}\,.$$

Impărţind cercul de rază R_c în atîtea părţi egale cîte palete dorim să aibă rotorul şi din punctele obţinute pe acest cerc trăgînd arcuri de cerc cu raza R_p calculată din (7) urmînd sensul de rotaţie a rotorului, vom trasa toate paletele.

Practica arată că asemenea procedeu nu este întotdeauna valabil din punct de vedere constructiv dacă nu ţinem seamă de considerentele teoretice rezultate din analiza variaţiei presiunilor statice şi dinamice şi a gradului de reacţiune în funcţie de forma paletelor.

Ţinînd seamă de rezultatele acestei analize şi de limitele lui β_2 pe care trebuie să le adoptăm ca o consecinţă a acestei analize, trasarea paletelor unui rotor de ventilator centrifugal de orice tip trebuie să se facă în următorul mod.

Pornind de la datele cunoscute despre rotor, adică D_1 şi D_2, precum şi β_1 şi β_2, calculăm pe R_p cu care trasăm paleta. In ce priveşte raza cercului centrelor de palete, R_c dată de relaţiile (5) şi (6), este mult mai expeditiv şi mai concludent, aşa cum se vede pe fig. 3a, 3b şi 3c, pentru cele trei forme de palete încurbate, ca ea să fie determinată prin procedeul grafic, decît prin calcul, relaţiile (5) şi (6) trebuind interpretate în ce priveşte semnul lui $\cos\beta_2$.

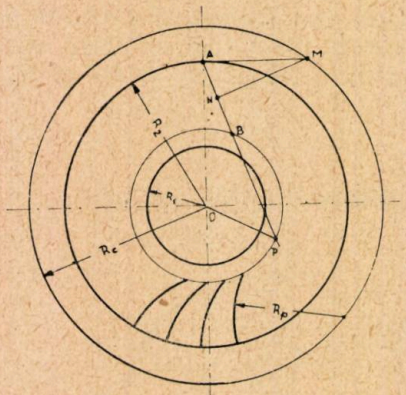


Fig. 3 c.

In urma acestor constatări se fac următoarele recomandări practice: pentru palete încurbate înapoi, adică pentru $\beta_2 < 90°$, cum e cazul rotoarelor de tip compresor şi pompă centrifugală, R_c să aibă o valoare cuprinsă între R_1 şi R_2 mai apropiată de R_1; pentru palete terminate radial, rotor tip turbină, $\beta_2 = 90°$, raza cercului centrelor de palete să fie mai mare ca R_2; iar pentru paletele încurbate înainte, rotor de ventilator centrifugal şi de exhaustor, $\beta_2 > 90°$, raza cercului centrelor de palete să fie cuprinsă între R_1 şi R_2, dar mai apropiată de R_2.

Prin aceasta sperăm că am pus la îndemîna trasatorilor, procedee adevărat practice care se bazează pe demonstraţii geometrice corectate după posibilităţile constructive.

Trasarea recomandată aici este o metodă mixtă:

a. prin calcul se determină raza arcului de cerc cu care se trasează paleta,

b. grafic se determină raza cercului pe care se găsesc centrele succesive din care se trasează fiecare paletă, fără a ţine seamă de relaţia care dă această rază.

Catedra de Scule şi Dispozitive

РАЗМЕТКА ЛОПАТОК ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

(Краткое содержание)

Пользуясь прежним доказательством Куанца не имевшим практического применения и согласно данным советской технической литературы находятся выражения радиусов кривизны для трёх типов лопаток: загнутые вперёд, загнутые назад и радиально-загнутые.

LE TRACAGE DES PALETTES D'UN VENTILATEUR CENTRIFUGE

(Résumé)

On reprend l'arcienne démonstration de Quantz qui n'avait pas une application pratique immédiate.

On réalise l'accord de cette démonstration avec les relations pratiques fournies par la littérature technique soviétique et on trouve les expressions des rayons de courbure pour les trois types de palettes: courbées en avant, courbées en arrière et radiales courbées.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

PATRU PROBLEME IN LEGĂTURĂ CU VOLUMUL DE AER ASPIRAT INTR-UN COMPRESOR CU PALETE ALUNECĂTOARE

DE

CESAR BUDA

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24-25 octombrie 1953

I. Determinarea volumului teoretic aspirat în funcţie de unghiul de învîrtire

A determina volumul teoretic de aer aspirat de un compresor rotativ cu lame alunecătoare, înseamnă a scrie expresia volumului cuprins între rotor şi stator. Fig. 1, reprezentînd o secţiune în compresorul considerat, suprafaţa în semilună haşurată, este o secţiune prin volumul de aer. Ne vom folosi de punctele ce urmează.

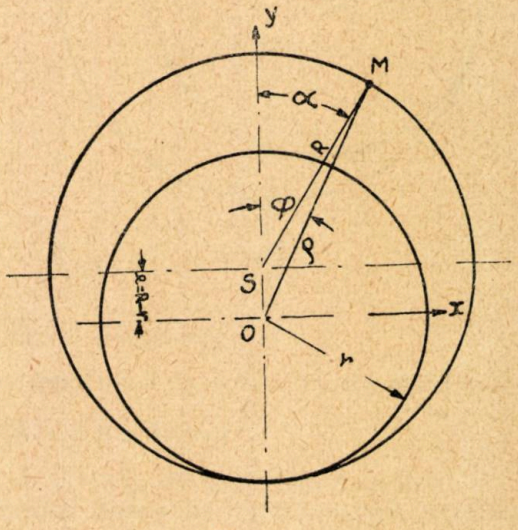


Fig. 1.

1. Vom considera tot timpul că lungimea L a rotorului, a statorului şi a lamelor între capacele care închid volumul indicat este egală cu unitatea de lungime (1 m), astfel că orice relaţie reprezentînd o suprafaţă pe figură, va reprezenta în acelaşi timp volumul în relaţiile succesive.

2. Notaţiile vor fi cele din fig. 1 şi le vom denumi astfel: O—centrul rotor, S—centrul stator, $\widehat{MOY} = \varphi$ — unghiul de învîrtire $\widehat{MSY} = \alpha$ — unghiul de compresie, $OM = \rho$ — raza variabilă a secţiunei, $SM = R$ — raza statorului, r — raza rotorului.

3. Toate expresiile obţinute în cele ce urmează, fără indicaţii prealabile, se referă la o singură învîrtitură a rotorului.

4. Vom lua în considerare următoarele date constructive şi relaţiile ce există între ele,

a. $e = R - r$, numită excentricitate absolută,

b. $\epsilon = \frac{R-r}{R} = \frac{e}{R}$, numită excentricitate relativă,

c. $\frac{r}{R} = 0{,}87$,

d. $\frac{L}{2R} = 1{,}5 + 2$.

5. Pentru a nu mai fi nevoie de lămuriri asupra sensului în care sînt considerate unghiurile cu care vom avea de-a face, la obținerea expresiei în φ a volumului de aer introdus, vom roti axele de coordonate ale fig. 1 cu 90° sinistrorsum și vom redresa desenul astfel încît să obținem fig. 2 care va rămîne figura de bază pentru desfășurările teoretice

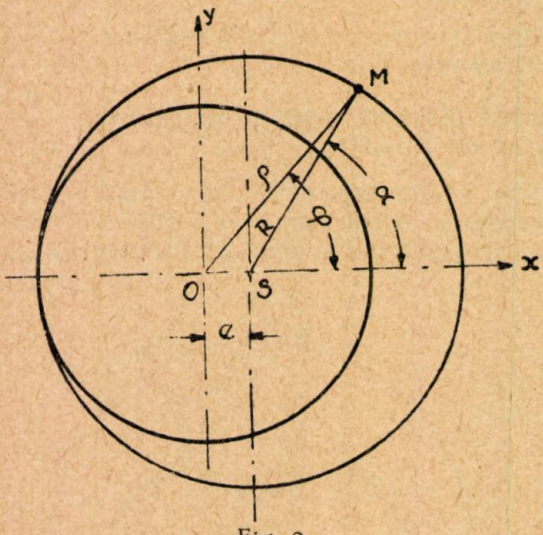


Fig. 2.

Suprafața f a semilunei este dată de diferența dintre suprafața măturată de ρ adică $\pi\rho^2$ și aceea a secțiunii rotorului de rază r, adică πr^2, deci:

$$(1{,}1) \qquad f = \pi(\rho^2 - r^2).$$

Pentru determinarea razei variabile vom scrie ecuația cercului A cu centrul S pe linia absciselor în coordonate polare a căror origină este O:

$$(1{,}2) \quad \rho^2 - 2\rho e \cos\varphi + e^2 = R^2.$$

Rezolvînd, reținem rădăcina pozitivă:

$$\rho = e\cos\varphi + \sqrt{R^2 - e^2\sin^2\varphi}.$$

Dacă ținem seama că $e = \epsilon R$ (cf. rel. b, pct **4**) atunci:

$$\rho = \epsilon R\cos\varphi - R\sqrt{1 - \epsilon^2\sin^2\varphi}.$$

Valoarea lui ϵ este în general de ordinul 10^{-1}, așa încît prin neglijarea termenilor cu exponenți superiori lui 2, vom putea scrie:

$$\sqrt{1 - \epsilon^2\sin^2\varphi} = 1 - \frac{\epsilon^2}{2}\sin^2\varphi$$

și în sfîrșit:

$$(1{,}3) \qquad \rho = R\left(1 - \epsilon\cos\varphi - \frac{\epsilon}{2}\sin^2\varphi\right).$$

In relația (1.1) avem nevoe de ρ^2, adică de:

$$\rho^2 = R^2(1 + \epsilon \cos\varphi - \frac{\epsilon^2}{2}\sin^2\varphi)^2 .$$

Efectuînd pătratul parantezei și neglijînd și aici termenii în ϵ^3 și ϵ^4, vom obține:

$$\rho^2 = R^2(1 + 2\epsilon\cos\varphi - \epsilon^2\cos 2\varphi) . \tag{1,4}$$

6. Cum, în afară de cazuri cu totul speciale, compresoarele rotative cu lame alunecătoare se construiesc în general cu mai mult de o singură lamă, vom presupune mașina studiată ca avînd un număr k de lame alunecătoare.

7. Între ele și capacele extreme ale compresorului, două lame succesive închid un spațiu pe care îl vom numi celulă.

Volumul unei celule variază în funcție de unghiul de învîrtire cum se vede în fig. 3. Să considerăm o celulă $A_1B_1B_2A_2$.

Lamele A_1B_1 și A_2B_2 fiind înfipte în rotor pe direcții radiale pornind din centrul O formează un unghi caze este dat de relația:

$$\gamma = \frac{2\pi}{k} . \tag{1.5}$$

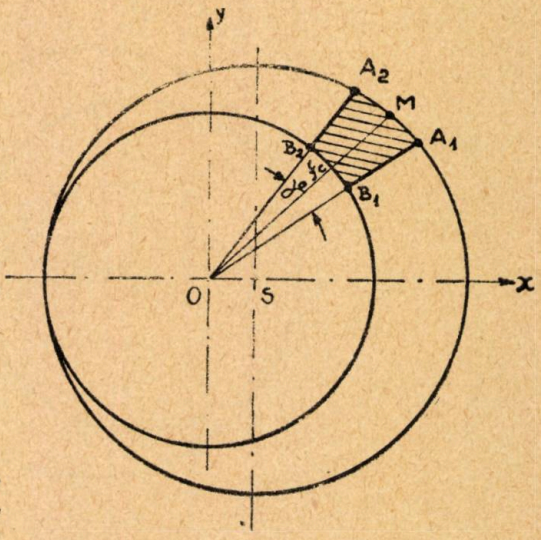


Fig. 3.

Pentru a afla suprafața celulei $A_1A_2B_2B_1$, adică f_c, va trebui să scădem din suprafața sectorului circular A_1OA_2 măturat de ρ între $\varphi - \frac{\gamma}{2}$ și $\varphi + \frac{\gamma}{2}$, suprafața sectorului circular B_1OB_2 între aceleași limite.

Cu aceasta putem scrie:

$$f_c = \frac{1}{2}\int_{\varphi-\frac{\gamma}{2}}^{\varphi+\frac{\gamma}{2}} (\rho^2 - r^2)d\varphi . \tag{1.6}$$

Din relația (1.4) cunoaștem expresia lui ρ^2. Pentru a exprima și pe r în funcție de R și ϵ, deducem din relațiile constructive a) și b) pct. **4**:

$$r = R(1 - \epsilon) .$$

Înlocuind expresiile lui ρ^2 și r^2 în integrala (1.6) obținem:

$$f_c = \frac{1}{2}\int_{\varphi-\frac{\gamma}{2}}^{\varphi+\frac{\gamma}{2}} 2R^2 [2\cos\varphi + \epsilon\cos 2\varphi + (2-\epsilon)]\, d\varphi ,$$

ceea ce ne dă prin efectuarea integralei:

$$(1.7) \qquad f_c = \epsilon R^2 \left[2\cos\varphi \sin\frac{\gamma}{2} + \frac{\epsilon}{2}\cos 2\varphi \sin\gamma + (2-\epsilon)\frac{\gamma}{2}\right].$$

Conform pct. **1**, expresia (1.7) reprezintă şi volumul celulei unui compresor presupus lung de o unitate de lungime.

Aspiraţia trebuie să se facă în momentul în care volumul teoretic al celulei este maxim.

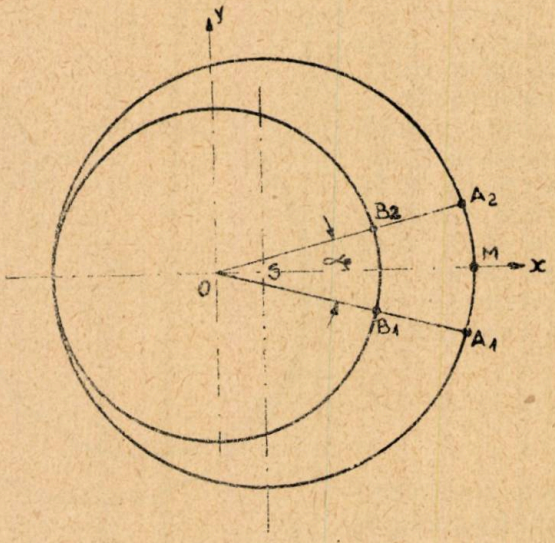


Fig. 4.

Se observă că expresia (1.7) devine maximă pentru $\cos\varphi = 1$; în acest caz poziţia de aspiraţie este dată de $\varphi = 0$, adică:

$$(1.8) \qquad f_{c\max} = R^2\epsilon \left[2\sin\frac{\gamma}{2} + \frac{\epsilon}{2}\sin\gamma + (2-\epsilon)\frac{\gamma}{2}\right],$$

poziţie reprezentată pe fig. 4.

Intr-un compresor cu k lame există k celule. Toate cele k celule trec pe rînd în poziţia de aspiraţie în decursul unei învîrtituri a rotorului, aşa încît volumul aspirat într-o învîrtitură, V_0, va fi:

$$(1.9) \qquad V_0 = f_{c\max}\, k = k R^2\epsilon \left[2\sin\frac{\gamma}{2} + \frac{\epsilon}{2}\sin\gamma + (2-\epsilon)\frac{\gamma}{2}\right].$$

Conform relaţiei (1.5), putem scrie:

$$V_0 = kR^2\epsilon\left[2\sin\frac{\pi}{k} + \frac{\epsilon}{2}\sin\frac{2\pi}{k} + (2-\epsilon)\frac{\pi}{k}\right]; \tag{1.10}$$

$$V_0 = \pi R^2\epsilon(2-\epsilon)\ , \text{ pentru } k=1\,, \tag{1.10'}$$

$$V_0 = \pi R^2\epsilon(2-\epsilon) + 4R^2\epsilon\ , \text{ pentru } k=2\,, \tag{1.10''}$$

$$V_0 = \pi R^2\epsilon(2-\epsilon) + 4]\sqrt{2}R^2\epsilon + 2R^2\epsilon^2\ , \text{ pentru } k=4 \tag{1.10'''}$$

și așa mai departe.

Dacă în expresia (1.10) considerăm $k > 12$, adică așa cum se întîmplă în realitate pentru compresoarele normale, k devine destul de mare ca să putem înlocui sinusul arcului prin arcul însuși. Obținem în acest caz:

$$V_0 = 4\pi R^2\epsilon \ \text{m}^3/\text{înv}. \tag{1.11}$$

Dacă R este dat în metri liniari, cum compresorul face n rotații pe minut, vom avea la aspirație un volum teoretic de aer:

$$V_{0T} = 4\pi R^2\epsilon n \ \text{m}^3/\text{min}. \tag{1.12}$$

In realitate există pierderi de aer în cursul procesului de compresie, așa încît trebuie să considerăm un coeficient al pierderilor generale de volum $\lambda < 1$. In acest caz expresia devine:

$$V_{0R} = 4\pi R^2\epsilon n\lambda \ \text{m}^3/\text{min}. \tag{1.13}$$

Dacă lungimea L a rotorului exprimată în metri este oarecare, atunci expresia generală a volumului de aer aspirat de un compresor normal, cu palete alunecătoare, va fi:

$$V = 4\pi R^2\epsilon\lambda nL \ \text{m}^3/\text{min}. \tag{1.14}$$

II. Expresia volumului de aer ținînd seamă de grosimea paletelor alunecătoare

Dacă ținem seamă de grosimea δ a lamelor — considerație cu atît mai semnificativă cu cît k este mai mare — atunci, volumul pierdut pentru fiecare celulă (fig. 5) va fi:

$$V_\delta = \delta(\rho - r)\,. \tag{2.1}$$

Am arătat în (1.3) că:

$$\rho = R(1 + \epsilon\cos\varphi - \frac{\epsilon^2}{2}\sin^2\varphi)\,, \quad \text{iar } r = R(1-\epsilon)\,,$$

astfel că (2.1) devine:

$$\delta(\rho - r) = \delta\left(R + R\epsilon\cos\varphi - R\frac{\epsilon^2}{2}\sin^2\varphi - R + \epsilon R\right)$$

și

$$V_\delta = \delta R\epsilon(1 + \cos\varphi - \frac{\epsilon}{2}\sin^2\varphi)\,. \tag{2.2}$$

Acesta este volumul unei lame ocupat în spațiul semilună. Volumul ocupat de k lame, va fi:

$$V_{\delta k} = V_{\delta} k = k\delta\epsilon R(1 + \cos\varphi - \frac{\epsilon}{2}\sin^2\varphi), \tag{2.3}$$

Considerînd că pentru o singură lamă alunecătoare, cum e cazul pompelor mici de vid, $\varphi = 2\pi$ pentru două lame $\varphi = \pi$ etc., pentru k lame $\varphi = \frac{2\pi}{k}$, putem scrie:

$$V_{\delta k} = k\delta\epsilon R\left[1 + \cos - \frac{2\pi}{k} - \frac{\epsilon}{2}\sin^2\left(\frac{2\pi}{k}\right)\right].$$

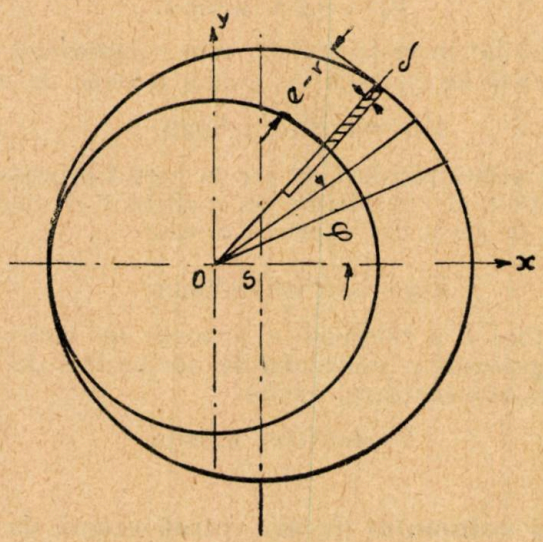


Fig. 5.

Dacă k este destul de mare, adică după cum am arătat mai sus, $k > 12$, putem considera că $\cos\frac{2\pi}{k} \approx 1$ și $\sin^2\left(\frac{2\pi}{k}\right)$ este neglijabil, atunci vom avea:

$$V_{\delta k} = 2k\delta\epsilon R. \tag{2,4}$$

Acesta este volumul ce trebuie scăzut din volumul la aspirație dat de (1.10) așa încît:

$$V'_0 = R^2\epsilon\left[\pi(2 - \epsilon) + 2k\sin\frac{\pi}{k} + \frac{k}{2}\epsilon\sin\frac{2\pi}{k} - \frac{2\delta k}{R}\right]. \tag{2,5}$$

Ținînd seamă de ordinul de mărime al lamei față de volumul total, vom înlocui sinusurile din expresia (2.5) prin primii doi termeni din seriile corespunzătoare, adică:

$$\sin\frac{\pi}{k}\approx\frac{\pi}{k}-\frac{\pi^3}{6k^3}\quad\text{şi}\quad\sin\frac{2\pi}{k}\approx\frac{2\pi}{k}-\frac{8\pi^3}{6k^3}.$$

Introducînd aceste valori în expresia (2.5), obţinem:

$$V'_0=4\pi R^2\epsilon\left[1-\frac{\pi^2}{12}\frac{1}{k^2}(1+2\epsilon)-\frac{\delta k}{2\pi R}\right] \tag{2.6}$$

şi aici căutăm valoarea maximă a volumului aspirat, adică a lui V'_0 care va fi maxim cînd cantitatea din paranteza expresiei (2.6) va fi maximă.

Considerînd k variabil, cantitatea din paranteză va fi maximă cînd derivata în raport cu k a expresiei din paranteză va fi nulă.

Din această condiţie putem obţine numărul cel mai potrivit de palete pentru un compresor cu dimensiunile constructive date în aşa fel încît volumul aspirat să fie maxim. Această valoare optimă a lui k este:

$$k=\pi\left(\frac{1+2\epsilon}{\delta}\frac{R}{3}\right)^{1/3}. \tag{2.7}$$

Atribuind lui k o altă valoare, mai mare sau mai mică, decît aceea rezultată din expresia (2.7), compresorul va avea un debit micşorat.

III. Influenţa aşezării înclinate a lamelor alunecătoare asupra volumului de aer aspirat

Pentru a evita frîngerea lor, lamele sînt aşezate în rotor după direcţia eforturilor de reacţiune ale statorului. Aceasta face ca ele să aibă o înclinare în sensul mişcării rotorului care face ca poziţia lamei să realizeze un unghi δ cu direcţia urmată de raza ce întîlneşte lama la periferia rotorului, cum se vede pe fig. 6.

Direcţiile înclinate pe care se aşează lamele sînt tangente la un cerc cu centrul în O. Raza z a acestui cerc este dată de relaţia:

$$z=r\sin\delta. \tag{3.1}$$

Ne propunem să arătăm întrucît această înclinare a lamelor impusă de condiţiile de rezistenţă a materialului, influenţează asupra volumului aspirat.

Dacă reluăm notaţia f_c pentru suprafaţa secţiunii transversale a unei celule cu lame dirijate radial şi însemnăm cu f_i suprafaţa secţiunii transversale a unei celule cu lame înclinate, considerată în aceeaşi poziţie a rotorului, adică sub un unghi de învîrtire aşa cum arată fig. 6, atunci diferenţa dintre aceste două suprafeţe f_c şi f_i va fi dată de diferenţa dintre suprafeţele $\sigma_1=A_1B_1E_1$ şi $\sigma_2=A_2B_2E_2$, adică:

$$f_c-f_i=\sigma_1-\sigma_2 \tag{3.2}$$

Asimilînd suprafeţele σ_1 şi σ_2 cu două triunghiuri dreptunghice, întrucît paletele înclinate tind să fie perpendiculare pe suprafaţa interioară a statorului, vom constata că în aceste triunghiuri cunoaştem unghiul δ şi cateta mare A_1B_1 sau A_2B_2 care sînt egale cu $\rho-r$ în pozi-

ția $\varphi - \frac{\gamma}{2}$ și $\varphi + \frac{\gamma}{2}$ adică în pozițiile respective $\varphi - \frac{\pi}{k}$ și $\varphi + \frac{\pi}{k}$ așa încît:

$$\sigma_1 = \frac{(\rho_1 - r)^2}{4} \sin 2\delta , \tag{3.3'}$$

$$\sigma_2 = \frac{(\rho_2 - r)^2}{4} \sin 2\delta , \tag{3.3''}$$

de unde:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{1}{4} \sin 2\delta \left[(\rho_1 - r)^2 - (\rho_2 - r)^2 \right] . \tag{3.4}$$

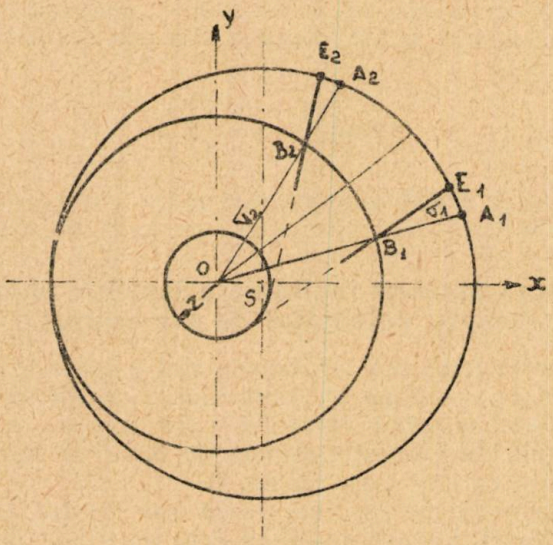


Fig. 6,

Cunoaștem pe $(\rho - r)^2$ din relația (2.2) care devine:

$$(\rho - r)^2 = \epsilon^2 R^2 (1 + \cos\varphi - \frac{\epsilon}{2} \sin^2\varphi)^2 .$$

In această expresie se pot neglija termenii $\sin^2\varphi$ atît pentrucă aceste cantități sînt foarte mici, cît și pentrucă prin această omisiune se aduce o corecție asimilării ce s-a făcut luîndu-se un triunghi curb ca pe un triunghi dreptunghi rectiliniu. Cu aceste considerațiuni:

$$(\rho_1 - r)^2 = R^2\epsilon^2 \left[1 + \cos(\varphi - \frac{\pi}{k}) \right]^2 ,$$

$$(\rho_2 - r)^2 = R^2\epsilon^2 \left[1 + \cos(\varphi + \frac{\pi}{k}) \right]^2 ,$$

și deci:

$$(\rho_1 - r)^2 - (\rho_2 - r)^2 = 4 \sin\varphi \sin\frac{\pi}{k} + 4 \cos\varphi \sin\varphi \sin\frac{\pi}{k} \cos\frac{\pi}{k} =$$

$$= 4 \sin\varphi \sin\frac{\pi}{k} + \sin 2\varphi \sin\frac{2\pi}{k} .$$

Dacă presupunem un k destul de mare ($k > 12$) sîntem îndreptăţiţi să înlocuim sinusul prin arcul său; în acest caz:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{\pi}{k} R^2\epsilon^2 \sin 2\delta(2 \sin\varphi - \sin 2\varphi) . \tag{3.5}$$

Din expresia de mai sus trebue să se observe că diferenţa între σ_1 şi σ_2 — deci între f_c şi f_i — este cu atît mai mică cu cît k este mai mare.

Ceea ce interesează însă cu adevărat este diferenţa ce ar exista între f_c şi f_i în poziţia de aspiraţie, adică pentru $\varphi = 0$, cum am arătat mai sus.

In acest caz deducem imediat că:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 0 \text{ adică } f_c = f_i . \tag{3.6}$$

Prin aceasta am demonstrat că în poziţia de aspiraţie celula are acelaşi volum, fie că este constituită din lame aşezate radial în rotor fie că lamele sînt înclinate cu un unghi δ, pentru motivele amintite.

In concluzie: înclinarea lamelor pe direcţia radială nu are nici o influenţă asupra volumului de aer aspirat.

IV. Determinarea volumului aspirat în funcţie de unghiul de compresie

Pe fig. 7 se vede că dacă considerăm un punct funcţional M, raza ce trece prin acest punct pornind din centrul O al rotorului, formează cu verticala locului în acelaşi plan, unghiul de învîrtire φ, iar raza ce trece prin M pornind din centrul S al statorului, formează cu aceeaşi verticală unghiul α numit unghi de compresie.

Determinarea expresiei volumului de aer aspirat în funcţie de acest unghi — expresie necesară atît în exploatare cît şi în construcţie — revine la o problemă simplă de determinare a razei variabile ρ din expresia spaţiului semilună dat de noi în relaţia (1.1).

Considerăm triunghiul funcţional OMS (fig. 2).

Teorema cosinusului ne dă:

$$\overline{OM}^2 = \overline{SM}^2 + \overline{OS}^2 - 2\overline{OS} . \overline{SM} . \cos(\pi - \alpha) .$$

Inlocuind cu notaţiile de pe figură:

$$\rho^2 = R^2 + e^2 + 2Re \cos\alpha . \tag{4.17}$$

Ţinînd seama că $e - R = r$, $r^2 = (R - e)^2$ pe baza punctului **4** a şi înlocuind în (1.1) avem:

(4.2) $$f = 2\pi Re(1 + \cos\alpha)$$

şi dacă amintim că $e = \epsilon R$, din punctul **4** b

(4.3) $$f = 2\pi R^2\epsilon(1 + \cos\alpha).$$

La poziţia aspiraţie $\alpha = 0$ şi deci:

(4.4) $$f = 4\pi R^2\epsilon,$$

relaţie identică cu (1.11).

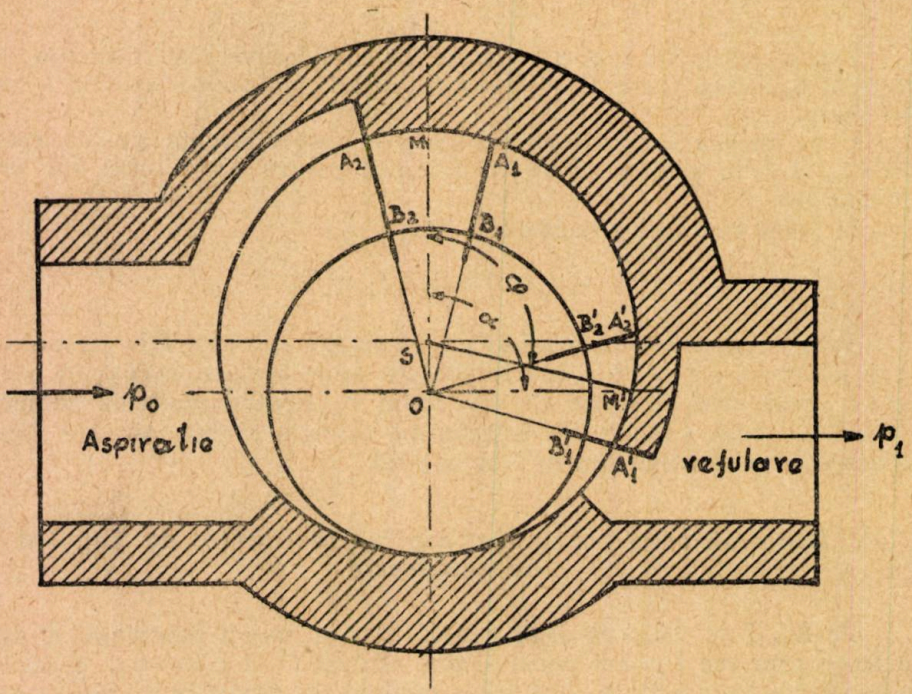


Fig. 7.

Considerînd că procesul de compresie se realizează politropic cu un indice m, relaţia dintre volumele specifice şi presiuni la sfîrşitul aspiraţiei şi la începutul refulării este:

$$\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{m}} = \frac{V_0}{V_1}.$$

Luînd raportul volumelor totale în loc de acela al volumelor specifice, vom avea ţinînd seama de expresiile (4.3) şi (4.4):

(4.5) $$\frac{V_0}{V_1} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{1}{m}} = \frac{2}{1+\cos\alpha}.$$

de unde:

$$\cos\alpha = \frac{2}{\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{1}{m}}} - 1. \tag{4.6}$$

Se constată astfel că cu cît gradul de compresie va fi mai mare, cu atît α va trebui să fie mai mare.

α în practică se ia între 75° şi 120° pentru valorile extreme ale gradului de compresie $\tau = P_1/P_0$ respectiv $\tau = 2$ şi $\tau = 4$, în primul caz socotind $m = 1$ (compresie izotermică) şi în al doilea caz $m = 1{,}4$ (compresie adiabatică).

Catedra de Scule şi Dispozitive

BIBLIOGRAFIE

1. ***. Машиностроение, Т. 12, гл. XI.

ЧЕТЫРЕ ЗАДАЧИ В СВЯЗИ С ОБЪЕМОМ ВОЗДУХА ВСАСЫВАЕМОГО РОТАЦИОННЫМ ПЛАСТИНЧАТЫМ КОМПРЕССОРОМ

(Краткое содержание)

Определяется выражение производительности воздуха всасываемого ротационным пластинчатым компрессором и влияние на эту производительность толщины лопаток и их наклонения и величины сжатия угля.

QUATRE PROBLÈMES REGARDANT LE VOLUME D'AIR ASPIRÉ PAR UN COMPRESSEUR AU ROTOR EXCENTRIQUE

(R é s u m é)

On détermine l'expresion du débit d'air aspiré par un compresseur au rotor excentrique et l'influence exercitée sur ce débit par l'épaisseur des palettes, par leur inclinaison et par la grandeur de l'angle de compression.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

UTILIZAREA NOŢIUNII: DOMENIUL DE REVERSIBILITATE A MAŞINILOR TERMICE, PENTRU STABILIREA GRADULUI DE PERFECŢIE A CICLURILOR TEORETICE A MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ

DE

EMIL GAIGINSCHI şi GÉRARD D'ALBON

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24-25 octombrie 1953

Prof. Ştefan Procopiu de la Universitatea din Iaşi a introdus în termodinamică o noţiune nouă : *domeniul de reversibilitate a maşinilor termice.*

În cele ce urmează ne propunem să aplicăm această noţiune la studiul motoarelor cu ardere internă.

* * *

În lucrarea sa „Termodinamica" [1, pp. 182-185], prof. Ştefan Procopiu explică această noţiune, scoţînd în evidenţă faptul că ciclurile teoretice ale motoarelor reale au diferite domenii de reversibilitate.

Observaţia sugestivă din urmă, indică de fapt o metodă nouă şi anume : *metoda de a stabili gradul de perfecţie al ciclurilor teoretice prin compararea domeniilor de reversibilitate.*

Aplicarea în practică a unei astfel de metode, plecînd cu raţionamentul de la această noţiune nouă, constituie încă un mijloc pentru înlăturarea dificultăţilor existente în aprecierea calitativă a ciclurilor teoretice.

Pentru a trece la metodă, reproducem după text :

„În transformarea căldurii în lucru mecanic —prin maşina cu vapori — trebuie să considerăm două porţiuni de căldură : o porţiune de căldură este transportată la izvorul rece, în acord cu legea naturii, exprimată prin formula Carnot ; această parte de căldură este complet ireversibilă. O a doua parte, diferenţa dintre cantitatea de căldură de la izvorul cald şi cea cedată la izvorul rece, este considerată perfect reversibilă şi capabilă de a se preface total în lucru mecanic. Această a doua parte a căldurii constituie domeniul de reversibilitate a maşinii termice şi se întinde între temperaturile T_1 şi T_2. În acest domeniu restrîns, atît Carnot cît şi Clausius, consideră că transfomarea căldurii în lucru mecanic se face reversibil..."

„În funcţionarea maşinii termice Carnot, domeniul de reversibilitate se întinde între T_1 şi T_2 cu o cantitate de căldură $\Delta Q = Q_1 - Q_2$, care este considerată reversibilă" (fig. 1).

„Prin considerarea acestui domeniu de reversibilitate se elimină valoarea absolută a căldurii şi se face să intervină numai variaţia ΔQ, adică valoarea relativă a diferenţei de căldură luată de la izvorul cald şi cedată izvorului rece, variaţie care este reversibilă".

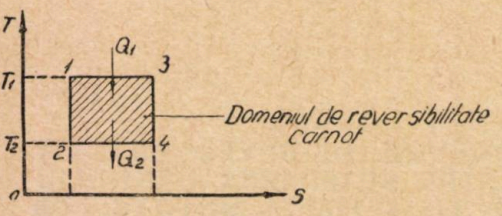


Fig. 1.

„Maşina termică (Carnot) lucrează în domeniul de reversibilitate, dintre T_1 şi T_2, cu cantitatea de căldură $Q_1 - Q_2$ care este reversibilă şi se poate transforma total în lucru mecanic, după relaţia:

$$\frac{L}{EQ} = \frac{L}{E(Q_1 - Q_2)} = 1.$$

* * *

Prin urmare, în domeniul de reversibilitate a maşinii Carnot reprezentat prin aria haşurată din fig. 1, randamentul transformării căldurii $\Delta Q = Q_1 - Q_2$ în lucru mecanic, în înţelesul principiului echivalenţei este 1, adică:

$$\frac{L}{EQ} = \frac{L}{E(Q_1 - Q_2)} = 1.$$

Suprafaţa domeniului de reversibilitate Carnot este deci:

$$\Delta Q = \Delta S \times \Delta T, \tag{1}$$

adică produsul dintre variaţia de entropie şi diferenţa de temperatură între care se face introduce ea şi cedarea căldurii.

Pentru un ciclu Carnot, care ar evolua între temperaturile T_1 şi T_2 avem o singură diferenţă de temperatură ΔT constantă.

Ciclurile teoretice ale motoarelor cu ardere internă sînt şi ele reversibile, iar în domeniul lor de reversibilitate căldura se transformă în lucru mecanic, tot cu randamentul 1. Dar, dacă am considera în diagrama T-S, un ciclu Carnot funcţionînd între limitele de temperatură $T_1 - T_2 = \Delta T$ (fig. 2) şi un ciclu teoretic, de pildă cu aport de căldură la volum constant, al cărui fluid ar evolua între aceleaşi limite de temperaturi extreme, constatăm că suprafaţa domeniului de reversibilitate a ultimului ciclu este cu mult mai mică ca suprafaţa domeniului de reversibilitate a ciclului Carnot. De asemenea şi forma domeniului de reversibilitate este diferită faţă de aceea a domeniului Carnot.

După cum se ştie, oricare ar fi ciclul teoretic reversibil înscris în ciclul Carnot, din diagrama T-S, între aceleaşi limite de temperaturi, randamentul termic cel mai mare îl are ciclul Carnot. Explicaţia rezultă din diagrama T-S, care arată că în acelaşi interval de temperatură $\Delta T = T_1 - T_2$ un acelaşi kg de fluid absoarbe o cantitate maximă şi

cedează o cantitate minimă de căldură, numai în cursul unei transformări la temperatură constantă.

Ciclurile teoretice reversibile ale motoarelor cu ardere internă sînt deci mai puţin perfecte ca ciclul Carnot, dacă ele funcţionează între aceleaşi temperaturi extreme; în aceste condiţiuni etalonul de comparaţie a tuturor ciclurilor este ciclul izotetic al lui Carnot.

Să stabilim de pildă, gradul de perfecţie al ciclului teoretic la volum constant, admiţînd că ΔS este acelaşi cu ΔS-Carnot. După cum se vede din fig. 2, este evident că suprafaţa domeniului de reversibilitate este mai mică, adică $\Delta Q' < \Delta Q$.

Dar, dacă am căuta să exprimăm pe $\Delta Q'$ printr-o relaţie similară cu relaţia (1), constatăm că intervine o dificultate şi anume în cazul ciclului reversibil la $v = \text{const.}$, nu mai poate fi vorba de un singur interval $\Delta T = \text{const.}$, ci de o infinitate de intervale de temperaturi. Aceasta

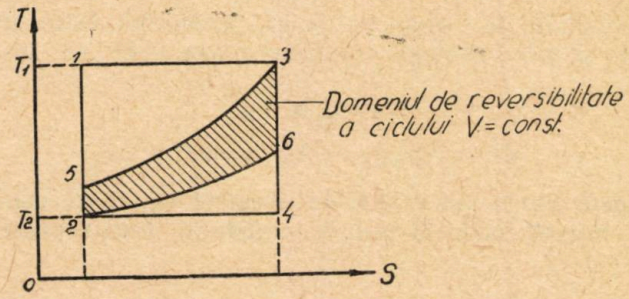


Fig. 2.

pentru motivul că reversibilitatea termică al ciclurilor cu aport de căldură la $v = \text{const}$, ca şi în cazul ciclurilor cu aport de căldură mixt, sau la $p = \text{const.}$, este condiţionată de utilizarea unui număr infinit de mare de izvoare de căldură.

De aici se poate trage concluzia că o comparaţie justă după domeniile de reversibilitate este condiţionată de forma domeniilor de reversibilitate, ceea ce trage după sine necesitatea de a compara ΔT de acelaşi fel, adică comparînd relaţii de acelaşi fel cu relaţia (1):

$$\Delta Q = \Delta T \times \Delta S.$$

Prin urmare pentru a face o comparaţie justă între ciclul la volum constant cu ciclul Carnot, *ambele evoluînd între aceleaşi limite de temperatură*, trebuie să facem comparaţia între *aria planimetrată* a ciclului la $v = \text{const.}$ şi aria calculată a ciclului Carnot, sau să ne imaginăm un *interval de temperatură fictiv*, să-i zicem echivalent, $\Delta T'$, care să ne permită să scriem analitic:

$$\Delta Q' = \Delta T' \times \Delta S. \tag{2}$$

adică o relaţie de carnotizare a ciclului. Prin această noţiune de „*carnotizare a ciclului*" înţelegem reducerea unui ciclu dat la un ciclu echivalent ca suprafaţă şi ca randament cu ciclul dat, dar de aceeaşi formă cu ciclul Carnot.

De aici două metode:

În prima, care are un caracter general, gradul de perfecţie ρ al ciclului la $v = \text{const.}$ este exprimat de raportul:

$$\rho = \frac{\text{aria planimetrată } 2-5-3-6-2}{\text{aria } 2-1-3-4-2} = \frac{\Delta Q'}{\Delta Q}.$$

În a doua metodă, pentru a compara domenii de aceeaşi formă, adică pentru a scrie analitic:

$$\Delta Q' = \Delta S \times \Delta T'$$

trebuie determinat $\Delta T'$. În acest scop putem proceda astfel.

În cazul ciclului Carnot

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = \Delta T \times \Delta S.$$

În cazul ciclului la volum constant, evoluînd între aceleaşi limite de temperaturi şi între aceleaşi izentrope, aşa cum se vede în fig. 3, putem scrie:

$$L = p_m \times V_h,$$

$$AL = Ap_m V_h = \Delta Q' = \Delta T' \times \Delta S. \tag{3}$$

Din această din urmă relaţie se observă că, după cum lucrul mecanic produs într-un ciclu la volum constant, este reprezentat de aria

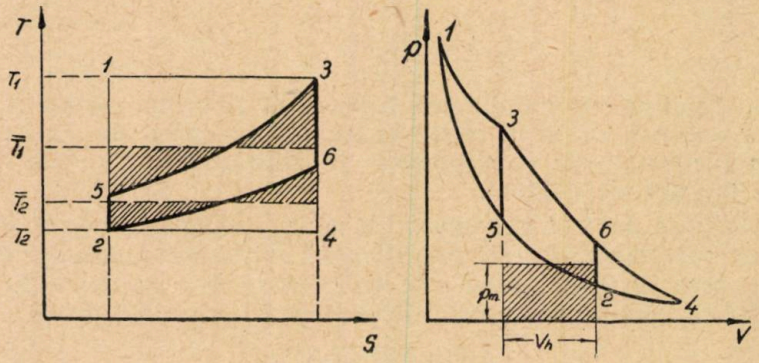


Fig. 3.

unui dreptunghi avînd ca bază cilindrea V_h şi ca înălţime presiunea medie p_m a ciclului (fig. 3), tot astfel putem considera căldura reversibilă din ciclul teoretic al motoarelor reale ca fiind egală cu suprafaţa unui dreptunghi, care are ca bază variaţia de entropie iar ca înălţime o diferenţă de temperatură şi care în esenţă reprezintă intervalul de temperatură $\Delta T'$, echivalent cu ceea ce reprezintă intervalul de temperatură ΔT din ciclul Carnot.

Putem scrie deci:

$$\Delta Q' = \Delta S \times \Delta T',$$

aşa încît:

$$\Delta T' = \frac{\Delta Q'}{\Delta S} = \frac{Ap_m V_h}{\Delta S}. \tag{4}$$

In felul acesta comparaţia se realizează just între domenii reversibile de aceeaşi formă, adică comparabile.

Trebuie remarcat că relaţia (4), care exprimă valoarea variaţiei de temperatură $\Delta T'$, nu fixează poziţia domeniului în diagrama T-S.

Din compararea relaţiilor (1) şi (2) rezultă $\Delta Q' < \Delta Q$ şi deci $\Delta T' < \Delta T$; adică, deşi motorul la volum constant evoluează între aceleaşi izentrope şi între acelaşi limite de temperaturi ca şi ale maşinii Carnot, transformarea căldurii reversibile în lucru mecanic cu randamentul 1, în înţelesul principiului echivalenţei, se face într-un interval de temperatură cu mult mai restrîns ca la maşina Carnot.

Prin urmare, expresia analitică a gradului de perfecţie a ciclului la $v = \text{const.}$ (ca şi pentru alte tipuri de cicluri) este dată de relaţia:

$$\rho = \frac{\Delta Q'}{\Delta Q} = \frac{\Delta T'}{\Delta T}. \tag{5}$$

Observaţie. În condiţiile fixate, (aceleaşi limite de temperatură şi aceeaşi variaţie de entropie), expresia analitică a gradului de perfecţie mai poate fi scrisă şi sub formele de mai jos.

1. Ţinînd seama de metoda de comparaţie a ciclurilor prin carnotizarea lor cu ajutorul temperaturilor medii sub care se introduce şi se cedează căldura din cicluri, expusă în [2, § 16-1[, putem scrie:

$$\rho = \frac{\Delta Q'}{\Delta Q} = \frac{\bar{T}_1 - \bar{T}_2}{T_1 - T_2}, \tag{6}$$

în care $\bar{T}_1$ şi $\bar{T}_2$ (v. fig. 3) sînt temperaturile medii sub care se introduce şi se cedează căldura din ciclu, şi care în cazul ciclului la $v = \text{const.}$ de pildă, se determină din relaţia:

$$\bar{T}_1 (S_3 - S_5) = C_v (T_3 - T_5) \tag{7}$$

şi deoarece:

$$S_3 - S_5 = C_v \cdot \ln \frac{T_3}{T_5},$$

obţinem:

$$\bar{T}_1 = \frac{T_3 - T_5}{\ln \frac{T_3}{T_5}}. \tag{8}$$

Procedînd la fel, găsim pentru $\bar{T}_2$ expresia:

$$\bar{T}_2 = \frac{T_6 - T_2}{\ln \frac{T_6}{T_2}}. \tag{9}$$

Cum în cazul ciclului la $v = \text{const.}$ $\frac{T_3}{T_5} = \frac{T_6}{T_2}$, iar $T_3 = T_1$, obţinem în final

$$\rho = \frac{(T_1 - T_5) - (T_6 - T_2)}{(T_1 - T_2) \ln \frac{T_1}{T_5}}. \tag{10}$$

Trebuie observat că în acest caz $\Delta T'$ fiind exprimat prin diferența celor două temperaturi medii $\overline{T}_1$ și $\overline{T}_2$, poziția domeniului carnotizat în diagrama T-S, este fixată.

În acest caz, prin analogie cu presiunea medie a ciclului din diagrama (p-v) din fig. 3 putem denumi intervalul de temperatură $\Delta T'$ *temperatura medie* a ciclului în diagrama T-S.

2. În condițiile fixate și pentru ciclul la volum constant, luat ca exemplu, mai putem scrie:

$$\rho = \frac{\Delta Q'}{\Delta Q} = \frac{L_v}{L_T} \tag{11}$$

în care:

L_v — lucrul mecanic produs în ciclul la volum constant;

L_T — lucrul mecanic produs în ciclul Carnot.

Concluzii. Așa dar noțiunea „domeniul de reversibilitate a mașinilor termice" este încă un mijloc practic care permite stabilirea gradului de perfecție a ciclurilor teoretice, sub condiția aceloraşi temperaturi extreme și aceloraşi variații de entropie, fie prin compararea suprafețelor ciclurilor (dintre care una planimetrată), fie prin carnotizarea ciclurilor, sau prin relații de forma (11).

Aplicațiile practice ale acestei metode, ca și aplicațiile noțiunii „domeniul de reversibilitate al mașinilor termice" în cadrul altor condițiuni sînt în studiu.

Catedra de Mașini Termice

BIBLIOGRAFIE

1. Procopiu Ştefan, *Termodinamică*, Iaşi, 1948.
2. Вукалович М. П. и Новиков И. И. **Техническая термодинамика**, ГЭИ, М.-Л., 1952.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЯ: ОБЛАСТИ ОБРАТИМОСТИ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СТЕПЕНИ СОВЕРШЕНСТВА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

(Краткое содержание)

В этой работе авторы применяют к исследованию двигателей внутреннего сгорания понятие „области обратимости тепловых двигателей" введенное в термодинамику Ст. Прокопиу в 1848 г.

Оказывается что введенное понятие применяется в методе качественной оценки теоретических циклов при сравнении областей обратимости, то-есть при установлении степени совершенства циклов в определённых условиях.

В настоящей работе условия сравнения относились к одинаковым пределам температур и к одинаковому изменению энтропии.

Устанавливаются зависимости при помощи которых можно вычислить степени совершенства теоретических циклов и показывается, что установление аналитическим путем в диаграмме T-S этих зависимостей, условлено карнотизацией циклов, то-есть приведением данного цикла к циклу одинаковой площади с данным циклом но такой же формы как и цикл Карно.

L'UTILISATION DE LA NOTION: DOMAINE DE RÉVERSIBILITÉ DES MACHINES THERMIQUES, POUR L'ÉTABLISSEMENT DU DEGRÉ DE PERFECTION DES CYCLES THÉORIQUES DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

(Résumé)

Dans ce travail les Auteurs appliquent à l'étude des moteurs à combustion interne la notion de: „domaine de réversibilité des machines thermiques", introduite en Thermodynamique par M. St. Procopiu en 1948.

Les conditions de comparaison étant réduites aux mêmes limites des températures, et à la même variation d'entropie, on montre que l'une des applications de cette notion consiste dans la méthode d'apprécier la qualité des cycles théoriques par la comparaison des domaines de réversibilité c'est à dire par l'établissement du degré de perfection des cycles dans des conditions déterminées.

En établissant les relations que permettent le calcule du degré de perfection des cycles théoriques, on montre que la détermination par voie analytique, dans le diagramme $T-S$ de ces relations est conditionnée par la „carnotisation" des cycles, c'est à dire par la réduction d'un cycle donné à un cycle de surface équivalente au cycle considéré, mais de la même forme que le cycle Carnot.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CICLUL GENERAL AL MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ PERFECTE. CONSIDERAŢIUNI ASUPRA EXPRESIILOR GENERALE ALE RANDAMENTULUI TERMIC ŞI ALE PRESIUNII MEDII

DE

EMIL GAIGINSCHI şi VALERIU CERNESCU

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

In prezent, în tratatele de specialitate, studiul teoretic al motoarelor cu ardere internă se face individual; cum numărul tipurilor de motoare a crescut, studiul separat al ciclurilor respective conduce la o cantitate apreciabilă de calcule şi care în fond reprezintă repetarea aceloraşi raţionamente şi a aceloraşi procedee de calcul.

Pentru îndepărtarea parţială a acestor inconveniente, unii autori pornesc de la ciclul mixt cu cedare de căldură sub volum constant, sau de la ciclul mixt cu cedare de căldură sub presiune constantă; după cum se ştie, după ce pentru fiecare din aceste cicluri mixte se calculează parametrii din vîrfurile ciclului şi expresiile randamentului termic şi a presiunii medii, se procedează la o particularizare a elementelor menţionate, dar care nu poate fi aplicată decît pentru două cazuri şi anume: pentru ciclul cu aport de căldură la volum constant şi pentru ciclul cu aport de căldură la presiune constantă. Deşi această metodă constituie un progres, cu toate acestea un număr mare de cicluri trebuie studiat separat.

Pentru a sistematiza şi a simplifica şi mai mult studiul teoretic al motoarelor cu ardere internă perfecte, propunem ca metodă nouă, studiul unui ciclu general, capabil de a fi particularizat pentru toate tipurile de motoare cu ardere internă. Aceasta înseamnă că pentru ciclul general pe care îl propunem, atît parametrii din vîrfurile ciclului cît şi expresiile randamentului termic şi ale presiunii medii, vor trebui să reprezinte expresiile generale ale elementelor menţionate şi să permită particularizarea lor pentru oricare din ciclurile pe care dorim să le studiem.

* * *

După cum se ştie, la motoarele cu ardere internă perfecte, aportul de căldură se poate efectua, fie la temperatură constantă ($T = \text{const.}$), fie la presiune constantă ($p = \text{const.}$), fie la volum constant ($v = \text{const.}$), sau în mod combinat. Pînă în prezent, în termodinamica ciclurilor per-

fecte se studiază şi se calculează separat ciclurile cu un singur aport de căldură şi cu o singură cedare de căldură, sau ciclurile mixte menţionate, cu două aporturi de căldură şi cu o singură cedare de căldură.

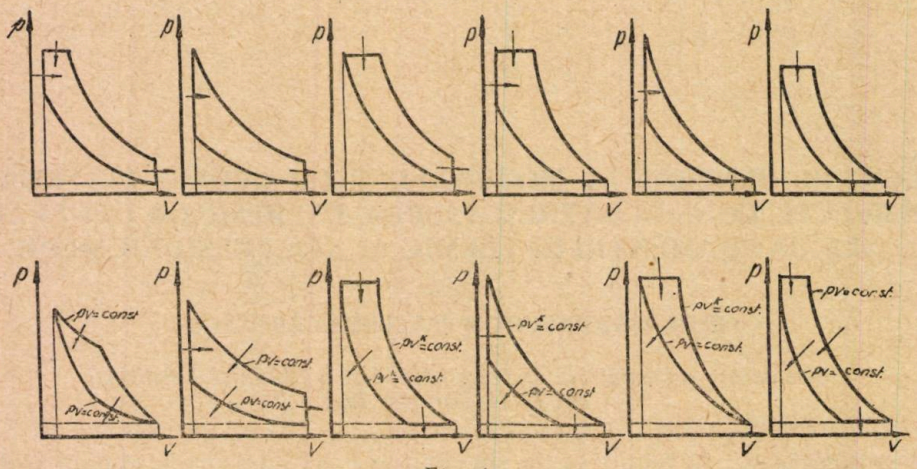


Fig. 1

De pildă, în mod obişnuit se studiază şi se calculează separat ciclurile reprezentate în diagramele $(p-v)$ din fig 1.

Ţinînd seamă de faptul că ciclurile termodinamice de bază ale motoarelor perfecte sînt ciclurile la $v = \text{const.}$, la $p = \text{const.}$ şi la $T = \text{const.}$,

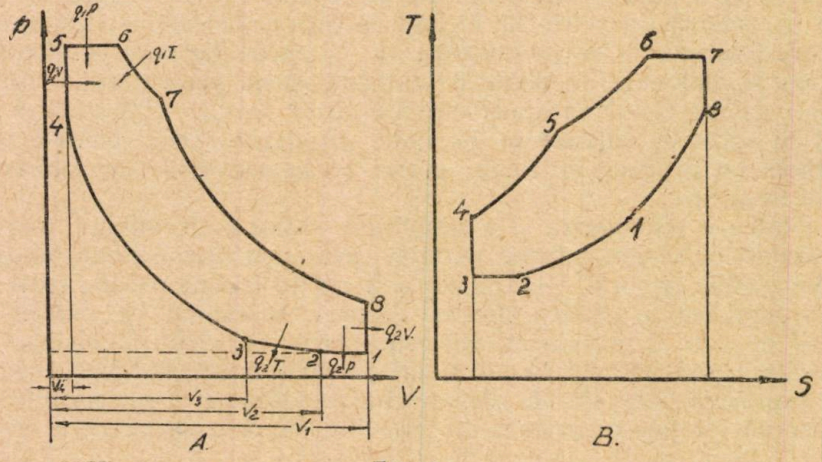


Fig. 2

rezultă că ciclul general care poate genera toate ciclurile cunoscute, cît şi pe acelea ce sînt încă posibile, nu poate fi decît ciclul teoretic reprezentat în diagramele $p - v$ şi $T - S$ din fig. 2, deoarece atît aporturile

cît şi cedările de căldură se efectuiază între toţi cei trei parametri care pot limita domeniul de reversibilitate [1] a maşinii termice.

Introducînd şi cedînd căldura în modul menţionat, atît ciclurile din fig. 1, cît şi alt număr de cicluri nestudiate pînă în prezent, reprezintă cazuri particulare ale ciclului general din fig. 2.

După un astfel de ciclu reprezentat în fig. 2, motorul teoretic respectiv ar funcţiona în modul următor: din 4 în 5, din 5 în 6 şi din 6 în 7, introducerea căldurii se face la $v = \text{const.}$, la $p = \text{const.}$ şi la $T = \text{const.}$ Din 7 în 8 are loc detenta adiabatică. Din 8 în 1, din 1 în 2 şi din 2 în 3, cedările de căldură se efectuiază respectiv la $v = \text{const.}$ la $p = \text{const.}$ şi la $T = \text{const.}$ Din 3 în 4 are loc compresia adiabatică. Considerăm că atît introducerile cît şi cedările de căldură se realizează reversibil.

Să presupunem de asemenea că maşina ar poseda un mecanism pentru reglajul aportului determinat de căldură şi un alt mecanism pentru reglajul limitat al cedărilor de căldură (valoarea minimă a pierderilor corespunzînd procesului de compresie izotermic), cu ajutorul cărora să le poată micşora sau mări în aşa fel încît să fie capabilă ca prin acţionarea convenabilă a acestora să poată realiza toate ciclurile posibile care pot rezulta din combinarea între ele a aporturilor şi a cedărilor de căldură.

Să determinăm pentru acest ciclu general elementele de bază care servesc în mod obişnuit la studiul şi calculul ciclurilor, adică:

1. Parametrii (presiunile şi temperaturile) din vîrfurile ciclului.
2. Expresia randamentului termic.
3. Expresia presiunii medii.

Odată determinate aceste elemente, particularizarea lor pentru cazul unui ciclu pe care dorim să-l studiem, va trebui să conducă la relaţiile care caracterizează ciclul dat.

1. Determinarea parametrilor din vîrfurile ciclului

Să considerăm că în interiorul maşinii evoluiază 1 kg de gaz perfect; în ceea ce priveşte căldurile specifice presupunem că ele nu variază cu temperatura.

Să însemnăm cu $p_1, p_2, \ldots, p_8$, $v_1, v_2, \ldots, v_8$, $T_1, T_2, \ldots T_8$, presiunile, volumele specifice şi temperaturile absolute corespunzătoare cifrelor din vîrfurile ciclului general (fig. 2).

De asemenea să însemnăm cu:

$$\epsilon_1 = \frac{v_1}{v_2}; \quad \epsilon_2 = \frac{v_2}{v_3}; \quad \epsilon_3 = \frac{v_8}{v_4}; \quad \epsilon = \frac{v_1}{v_4},$$

respectiv, rapoartele volumetrice parţiale, sub care se efectuiază contracţia la presiune constantă de la 1 la 2, compresia izotermă de la 2 la 3, compresia adiabetică de la 3 la 4, iar prin ϵ raportul volumetric total al maşinii, corespunzător procesului de compresie reprezentat prin linia 1-2-3-4.

Intre raportul volumetric total și rapoartele volumetrice parțial rezultă următoarea relație:

$$(1) \qquad \epsilon = \frac{v_1}{v_4} = \frac{\epsilon_1 v_2}{v_4} = \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 v_3}{v_4} = \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 .$$

Să însemnăm de asemenea cu:

$$\partial_1 = \frac{v_6}{v_5}; \quad \partial_2 = \frac{v_7}{v_6}; \quad \partial_3 = \frac{v_8}{v_7}; \quad \partial = \frac{v_8}{v_5},$$

respectiv, gradele parțiale de detentă sub care se efectuiază deten la presiune constantă, de la 5 la 6, detenta izotermă de la 6 la detenta adiabatică de la 7 la 8, iar prin ∂ gradul total al procesului detentă, reprezentat prin linia 5-6-7-8.

Intre gradul total de detentă și gradele parțiale de detentă, rezu următoarea relație:

$$(2) \qquad \partial = \frac{v_8}{v_5} = \frac{\partial_3 v_7}{v_5} = \frac{\partial_3 \partial_2 v_6}{v_5} = \partial_3 \partial_2 \partial_1 .$$

Să observăm din fig. 2 că deoarece $v_8 = v_1$, iar $v_5 = v_4$, între ϵ ș ∂ există relația:

$$\partial = \frac{v_8}{v_5} = \frac{v_1}{v_4} = \epsilon$$

sau încă:

$$\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 = \partial_1 \partial_2 \partial_3 \quad \text{și} \quad \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3}{\partial_1 \partial_2 \partial_3} = \frac{\epsilon}{\partial} = 1.$$

Să însemnăm cu λ, raportul $\frac{p_5}{p_4} = \lambda = \frac{T_5}{T_4}$.

Ținînd seama de notațiile de mai sus și de relațiile obișnuite în termodinamica gazelor, expresiile parametrilor din vîrfurile ciclului, calculate în funcție de parametrii stării inițiale (p_1, T_1), sînt trecute în tabela 1.

2. Expresia randamentului termic

Randamentul termic al ciclului este dat de relația:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

în care:

$$q_2 = q_{2v} + q_{2p} + q_{2T} = C_v (T_8 - T_1) + C_p (T_1 - T_2) + ART_2 \ln \frac{v_2}{v_8},$$

$$q_1 = q_{1v} + q_{1p} + q_{1T} = C_v (T_5 - T_4) + C_p (T_6 - T_5) + ART_6 \ln \frac{v_7}{v_6}.$$

Tabela 1

Vîrfurile ciclului	Expresiile parametrilor din vîrfurile ciclului	
	Presiunile kg/m²	Temperaturile °K
1	p_1	T_1
2	$p_2 = p_1$	$T_2 = \frac{T_1}{\epsilon_1}$
3	$p_3 = p_1 \epsilon_2$	$T_3 = \frac{T_1}{\epsilon_1}$
4	$p_4 = p_1 \epsilon_2 \epsilon_3^k$	$T_4 = \frac{T_1}{\epsilon_1} \cdot \epsilon_3^{k-1}$
5	$p_4 = \lambda p_1 \epsilon_2 \epsilon_3^k = p_8 \partial_2 \partial_3^k$	$T_5 = \lambda \cdot \frac{T_1}{\epsilon_1} \cdot \epsilon_3^{k-1}$
6	$p_6 = \lambda p_1 \epsilon_2 \epsilon_3^k$	$T_6 = \lambda \partial_1 \cdot \frac{T_1}{\epsilon_1} \cdot \epsilon_3^{k-1}$
7	$p_7 = \lambda p_1 \left(\frac{\epsilon_2}{\partial_2}\right) \cdot \epsilon_3^k$	$T_7 = \lambda \partial_1 \cdot \frac{T_1}{\epsilon_1} \cdot \epsilon_3^{k-1}$
8	$p_8 = \lambda p_1 \left(\frac{\epsilon_2}{\partial_2}\right) \cdot \left(\frac{\epsilon_3}{\partial}\right)^k$	$T_8 = \lambda \partial_1 \cdot \frac{T_1}{\epsilon_1} \left(\frac{\partial_3}{\epsilon_3}\right)^{k-1}$

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v (T_8 - T_1) + C_p (T_1 - T_2) + ART_2 \ln \frac{v_2}{v_3}}{C_v (T_5 - T_4) + C_p (T_6 - T_5) + ART_6 \ln \frac{v_7}{v_6}}. \tag{3}$$

Impărțind numărătorul și numitorul fracției din membrul al II-lea al relației (3), cu C_v, și ținînd seama că $\frac{v_2}{v_3} = \epsilon_2$, iar $\frac{v_7}{v_6} = \partial_2$ obținem:

$$\eta_t = 1 - \frac{(T_8 - T_1) + k(T_1 - T_2) + (k-1) T_2 \ln \epsilon_2}{(T_5 - T_4) + k(T_6 - T_5) + (k-1) T_6 \ln \partial_2}. \tag{4}$$

Inlocuind temperaturile cu valorile respective din tabelul 1, obținem în final:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \partial_1 \left(\frac{\epsilon_3}{\partial_3}\right)^{k-1} - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1) + (k-1) \ln \epsilon_2}{[(\lambda - 1) + \lambda k (\partial_1 - 1) + \lambda (k-1) \partial_1 \ln \partial_2]} \cdot \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}. \tag{5}$$

3. Expresia presiunii medii

Presiunea medie, p_m, a ciclului se obţine din relaţia:

$$p_m(v_1 - v_4) = L,$$

$$p_m = \frac{L}{v_1 - v_4} = \frac{L_d - L_c}{v_1 - v_4} \tag{6}$$

în care:

L — lucrul mecanic produs în cursul ciclului,
L_d — lucrul mecanic total produs în cursul proceselor de detentă,
L_c — lucrul mecanic total cheltuit în cursul proceselor de compresie.

Expresia lucrului mecanic total produs în cursul proceselor de detentă este:

$$L_d = p_5(v_6 - v_5) + RT_6 \ln \frac{v_7}{v_6} = \frac{1}{k-1}(p_7 v_7 - p_8 v_8).$$

Introducînd în locul volumelor, gradele parţiale de detentă şi ţinînd seama că $\epsilon = \partial$, obţinem în final:

$$L_d = p_4 v_4 \left[\lambda(\partial_1 - 1) + \lambda \partial_1 \ln \partial_2 + \frac{\lambda \partial_1}{k-1} \left(1 - \partial_2^{k-1} \cdot \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}} \right) \right] \tag{7}$$

în care $\lambda = \frac{p_5}{p_4}$.

Expresia lucrului mecanic total cheltuit în cursul proceselor de compresie, în valoare absolută este:

$$L_c = p_1(v_1 - v_2) + RT_2 \ln \frac{v_2}{v_3} + \frac{1}{k-1}(p_4 v_4 - p_3 v_3).$$

Introducînd în locul volumelor gradele parţiale de compresie obţinem în final:

$$L_c = p_4 v_4 \left[\frac{1}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right) + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} \ln \epsilon_2 + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} (\epsilon_1 - 1) \right]. \tag{8}$$

Deci lucrul mecanic produs în cursul ciclului este dat de relaţia:

$$L = p_4 v_4 \left\{ \left[\lambda(\partial_1 - 1) + \lambda \partial_1 \ln \partial_2 + \frac{\lambda \partial_1}{k-1} \left(1 - \partial_2^{k-1} \cdot \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}} \right) - \right. \right. \tag{9}$$

$$\left. \left. - \left[\frac{1}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} \right) + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} \ln \epsilon_2 + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} (\epsilon_1 - 1) \right] \right\}.$$

Ţinînd seama de relaţia (6), expresia presiunii medii a ciclului va fi

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1} \left\{ \left[\lambda(\partial_1 - 1) + \lambda \partial_1 \ln \partial_2 + \frac{\lambda \partial_1}{k-1} \left(1 - \partial_2^{k-1} \cdot \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}} \right) - \right. \right. \tag{10}$$

$$\left. \left. - \left[\frac{1}{k-1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} \right) + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} \ln \epsilon_2 + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} (\epsilon_1 - 1) \right] \right\}.$$

4. Determinarea condițiilor pentru particularizarea expresiilor calculate, în cazul diferitelor cicluri

Condițiile de particularizare rezultă, din procesul de transformare a ciclului general, în ciclul pe care dorim să-l obținem; procesul constă în micșorarea pînă la zero a unuia sau a cel mult două aporturi sau cedări de căldură. Această micșorare a aporturilor sau a cedărilor de căldură este însoțită de variația parametrilor ce caracterizează transformările respective.

De pildă, micșorarea aportului de căldură la $p = \text{const.}$ sau la $T = \text{const.}$ este însoțită de variația gradului parțial de detentă ∂_1, sau a gradului parțial de detentă ∂_2 (fig. 2); de asemenea micșorarea cedărilor de căldură la $p = \text{const.}$ sau la $T = \text{const.}$ este însoțită de variația gradului parțial de compresie ϵ_1 sau a gradului parțial de compresie ϵ_2. La limită, cînd aporturile sau cedările de căldură la $p = \text{const.}$ sau la $T = \text{const.}$ au devenit zero, gradele parțiale de detentă sau de compresie devin egale cu unitatea.

Micșorarea aportului de căldură la $v = \text{const.}$ este însoțită de variația raportului de creștere a presiunii:

$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1} \cdot \frac{\partial_2 \partial_3^k}{\epsilon_2 \epsilon_3^k}; \tag{11}$$

la limită, cînd aportul de căldură la $v = \text{const}$, este zero, raportul λ devine egal cu 1, deoarece p_5 devine egal cu p_4. De asemenea cînd cedarea de căldură la $v = \text{const.}$ devine zero, raportul $\frac{p_8}{p_4} = 1$, așa încît $\lambda = \frac{\partial \partial_3^k}{\epsilon_2 \epsilon_3} = \frac{p_5}{p_4}$.

In ceea ce privește transformările adiabatice din ciclul general caracterizate prin parametrii ∂_3 și ϵ_3, dacă ele tind să se efectueze pe întreg procesul de detentă sau de compresie, atunci ∂_3 și ϵ_3 variază respectiv pînă la ∂ sau pînă la ϵ; dacă această transformare tinde să dispară din ciclu, atunci ∂_3 și ϵ_3 tind către 1.

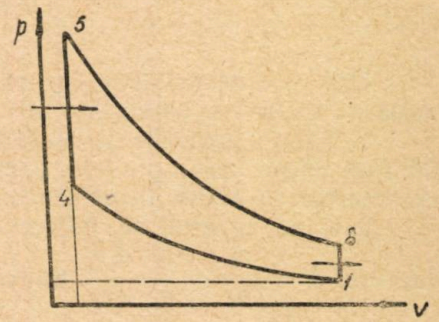


Fig. 3

Pentru exprimarea unor reguli de particularizare și pentru concretizarea celor de mai sus, să considerăm un exemplu.

Să presupunem că dorim să stabilim condițiile de particularizare pentru cazul ciclului teoretic cu electro-aprindere, reprezentat în fig. 3.

În acest scop să presupunem că prin comanda mecanismului de reglaj al aportului de căldură, micșorăm continuu aportul la $p = \text{const.}$ și la $T = \text{const.}$, din ciclul general, pînă cînd $q_{1p} = 0$ și $q_{1T} = 0$.

Or, în momentul cînd $q_{1p} = 0$ și $q_{1T} = 0$, volumele v_6 și v_7 devin

egale cu v_5 (fig. 2), curba de detentă a ciclului general se transformă în detenta adiabatică 5–8, iar gradele parţiale de detentă din ciclul general:

$$\partial_1 = \frac{v_6}{v_5}, \quad \partial_2 = \frac{v_7}{v_6} \text{ şi } \partial_3 = \frac{v_8}{v_7}$$

devin:

$$\partial_1 = 1 ; \partial_2 = 1 ; \partial_3 = \partial .$$

Să presupunem de asemenea că prin comanda mecanismului de reglaj al cedării căldurii, micşorăm continuu cedările de căldură la $p = \text{const.}$ şi la $T = \text{const.}$ pînă cînd $q_{2p} = 0$ şi $q_{2T} = 0$.

Or, în momentul cînd $q_{2p} = 0$ şi $q_{2T} = 0$, volumele v_3 şi v_2 devin egale cu v_1, curba de compresie a ciclului general se transformă în compresia adiabatică 1–4, iar gradele parţiale de compresie din ciclul general:

$$\epsilon_1 = \frac{v_1}{v_2}, \quad \epsilon_2 = \frac{v_2}{v_3} \text{ şi } \epsilon_3 = \frac{v_3}{v_4}$$

devin:

$$\epsilon_1 = 1 ; \epsilon_2 = 1 ; \epsilon_3 = \epsilon .$$

Aşadar, pentru obţinerea elementelor de calcul al ciclului considerat, condiţiile de particularizare a expresiilor obţinute mai sus, sînt următoarele:

$$\partial_1 = 1 ; \partial_2 = 1 ; \partial_3 = \partial ;$$

$$\epsilon_1 = 1 ; \epsilon_2 = 1 ; \epsilon_3 = \epsilon .$$

In aceste condiţii, se adaugă condiţia referitoare la existenţa aportului şi cedării de căldură sub $v = \text{const.}$, exprimată prin raportul:

$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1} .$$

Din cele de mai sus, se pot stabili următoarele reguli pentru determinarea rapidă a condiţiilor de particularizare:

1. Cînd aporturile şi cedările de căldură realizate la volum variabil tind către zero, gradele parţiale de detentă sau, de compresie ce caracterizează aceste transformării tind către 1.

2. Cînd aportul de căldură la volum constant tinde către zero raportul $\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1} \cdot \frac{\partial_2 \partial_3^k}{\epsilon_2 \epsilon_3}$ tinde către 1.

3. Cînd cedarea de căldură la volum constant tinde către zero (ceea ce înseamnă că p_8 tinde către p_1) atunci raportul λ devine:

$$\lambda = \frac{\partial_2 \partial_3^k}{\epsilon_2 \epsilon_3^k} ,$$

în care $\partial_2, \partial_3, \epsilon_2$ şi ϵ_3 depind de valorile ce au aceşti parametri în ciclul dat.

4. Cînd din ciclu dispare un proces adiabatic, parametrul care caracterizează procesul respectiv (∂_3 pentru detentă şi ϵ_3 pentru compresie) devine 1.

In baza acestor reguli, se determină uşor condiţiile de particularizare pentru o serie de cicluri, clasificate după o anumită ordine.

5. Particularizarea expresiilor generale calculate, pentru ciclurile uzuale

a. **Ciclul teoretic al motoarelor cu electroaprindere** (fig. 3).
Condiţiile de particularizare sînt următoarele:

$$\partial_1 = 1; \quad \partial_2 = 1; \quad \partial_3 = \partial;$$
$$\epsilon_1 = 1; \quad \epsilon_2 = 1; \quad \epsilon_3 = \epsilon;$$
$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1}.$$

Introducînd aceste condiţii în expresiile generale, calculate mai sus, obţinem:

a_1. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1.	p_1	T_1,
2.	$p_4 = p_1\epsilon^k$,	$T_4 = T_1\epsilon^{k-1}$,
5.	$p_5 = \lambda p_4 = \lambda p_1 \epsilon^k$,	$T_5 = \lambda T_4 = \lambda T_1 \epsilon^{k-1}$,
8.	$p_8 = \frac{p_5}{p_4} \cdot p_1 = \frac{p_5}{\epsilon^k}$,	$T_8 = \frac{T_5}{T_4} \cdot T_1 = \frac{T_5}{\epsilon^{k-1}}$.

a_2. *Randamentul termic*

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda - 1 + 0 + 0}{\lambda - 1 + 0 + 0} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}.$$

a_3. *Presiunea medie*

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left[0 + 0 + \frac{\lambda}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) - 0 - 0\right],$$

adică

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left[\frac{p_5}{p_4} \cdot \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right)\right].$$

b. **Ciclul teoretic al motoarelor cu autoaprindere, cu regim lent** (fig. 4).
Condiţiile de particularizare sînt următoarele:

$$\partial_1 = \frac{v_6}{v_5}; \quad \partial_2 = 1; \quad \partial_3 = \frac{v_8}{v_6}; \quad \partial = \partial_1 \cdot \partial_3;$$
$$\epsilon_1 = 1; \quad \epsilon_2 = 1; \quad \epsilon_3 = \epsilon; \quad \lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1} \cdot \frac{\partial_3^k}{\epsilon^k} = 1.$$

Introducînd aceste condiţii în expresiile generale, calculate mai sus, obţinem

b_1. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1.	p_1,	T_1,
5.	$p_5 = p_1 \epsilon^k$,	$T_5 = T_1 \epsilon^{k-1}$,
6.	$p_6 = p_5 = p_1 \epsilon^k$,	$T_6 = \partial_1 T_1 \epsilon^{k-1}$,
8.	$p_8 = p_1 \frac{\epsilon^k}{\partial_3^k} = p_1 \partial_1^k$,	$T_8 = \partial_1 T_1 \left(\frac{\epsilon}{\partial_3}\right)^{k-1} = T_1 \partial_1^k$.

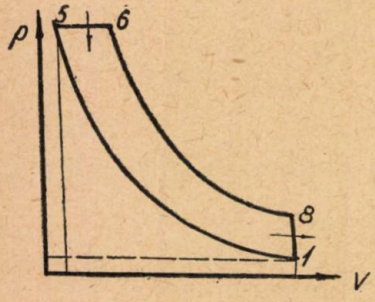


Fig. 4.

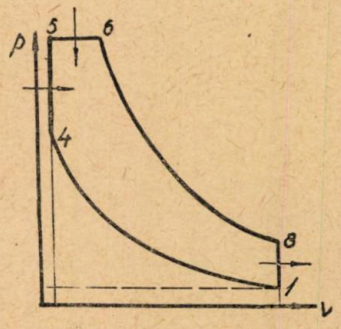


Fig. 5.

b_2. *Randamentul termic.*

$$\eta_t = 1 - \frac{\partial_1 \left(\frac{\epsilon}{\partial_3}\right)^{k-1} - 1 + 0 + 0}{[1 - 1 + k(\partial_1 - 1) + 0]} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 1 - \frac{\partial_1 \partial_1^{k-1} - 1}{k(\partial_1 - 1)} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}},$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{\partial_1^k - 1}{\partial_1 - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}}.$$

b_3. *Presiunea medie.*

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left[\partial_1 - 1 + 0 + \frac{\partial_1}{k-1}\left(1 - \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) - 0 - 0\right]$$

adică

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left[\partial_1 - 1 + \frac{\partial_1}{k-1}\left(1 - \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right)\right].$$

c. Ciclul teoretic al motoarelor cu auto-aprindere, cu regim rapid (fig. 5)

Condiţiile de particularizare sînt următoarele:

$$\partial_1 = \frac{v_6}{v_5}; \quad \partial_2 = 1; \quad \partial_3 = \frac{v_8}{v_6}; \quad \partial = \partial_1 . \partial_3;$$

$$\epsilon_1 = 1; \quad \epsilon_2 = 1; \quad \epsilon_3 = \epsilon = \partial_1 . \partial_3;$$

$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1} \cdot \frac{\partial_3^k}{\epsilon^k}.$$

Introducînd aceste condiții în expresiile generale, calculate mai sus, obținem:

c$_1$. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1. p_1	T_1,
4. $p_4 = p_1\epsilon^k$,	$T_4 = T_1\epsilon^{k-1}$,
5. $p_5 = \lambda p_1\epsilon^k$,	$T_5 = \lambda T_1\epsilon^{k-1}$,
6. $p_6 = p_5 = \lambda p_1\epsilon^k$,	$T_6 = \lambda\vartheta_1\epsilon^{k-1}$,
8. $p_8 = \lambda p_1 \frac{\epsilon^k}{\vartheta_3^k}$,	$T_8 = \lambda\vartheta_1 T_1 \frac{\epsilon^{k-1}}{\vartheta_3^{k-1}}$.

c$_2$. *Randamentul termic.*

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda\vartheta_1\left(\frac{\epsilon}{\vartheta_3}\right)^{k-1} - 1 + 0 + 0}{[\lambda - 1 + \lambda k(\vartheta_1 - 1) + 0]} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}} =$$

$$= 1 - \frac{\lambda\vartheta_1\vartheta_1^{k-1} - 1}{[(\lambda - 1) + \lambda k(\vartheta_1 - 1)]} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 1 - \frac{\lambda\vartheta_1^k - 1}{[\lambda - 1 + \lambda k(\vartheta_1 - 1)]} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}}.$$

c$_3$. *Presiunea medie.*

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left\{\left[\lambda(\vartheta_1 - 1) + 0 + \frac{\lambda\vartheta_1}{k-1}\left(1 - \frac{\vartheta_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right)\right] - \left[\frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) + 0 + 0\right]\right\},$$

adică

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left[\frac{p_5}{p_4}\left(\vartheta_1 - 1\right) + \frac{p_5}{p_4} \cdot \frac{\vartheta_1}{k-1}\left(1 - \frac{\vartheta_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right)\right].$$

d. Ciclul teoretic al motoarelor cu auto-aprindere, cu regim rapid și cu detentă prelungită pînă la presiunea inițială p_1. (Cazul motoarelor cu auto-aprindere fără compresor, care utilizează energia gazelor de evacuare într-o turbină de gaze) (fig. 6).

Condițiile de particularizare sînt următoarele:

$$\vartheta_1 = \frac{v_6}{v_5}; \vartheta_2 = 1; \vartheta_3 = \frac{v_1}{v_6}; \vartheta = \vartheta_1\vartheta_3;$$

$$\epsilon_1 = \frac{v_1}{v_2}; \epsilon_2 = 1; \epsilon_3 = \frac{v_2}{v_4}; \epsilon = \epsilon_1\epsilon_3;$$

$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{\vartheta_3^k}{\epsilon_3^k}.$$

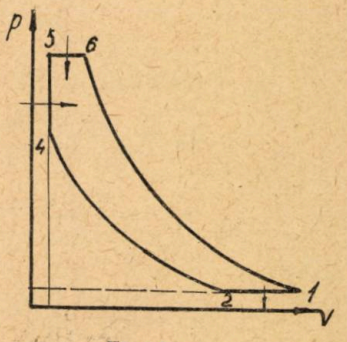


Fig. 6.

Prin introducerea acestor condiții în expresiile generale, se obține:

d. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1. p_1,	T_1,
2. $p_2 = p_1$,	$T_2 = \frac{T_1}{\epsilon_1}$,

$$4.\ p_4 = p_1\epsilon_3^k\,, \qquad T_4 = \frac{T_1}{\epsilon_1}\,\epsilon_3^{k-1}\,,$$

$$5.\ p_5 = \lambda p_1\epsilon_3^k\,, \qquad T_5 = \lambda\frac{T_1}{\epsilon_1}\,\epsilon_3^{k-1}\,,$$

$$6.\ p_6 = p_5 = \lambda p_1\epsilon_3^k\,, \qquad T_6 = \lambda\partial_1\,\frac{T_1}{\epsilon_1}\,\epsilon_3^{k-1}\,.$$

d_2. *Randamentul termic.*

$$\eta_t = 1 - \frac{\frac{\partial_3^k}{\epsilon_3^k}\cdot\partial_1\cdot\frac{\epsilon_3^{k-1}}{\partial_3^{k-1}} - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1) + 0}{[\lambda - 1 + k(\partial_1 - 1) + 0]}\cdot\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} =$$

$$= 1 - \frac{\frac{\partial_1\partial_3}{\epsilon_3} - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1) + 0}{[\lambda - 1 + k(\partial_1 - 1) + 0]}\cdot\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\,.$$

Deoarece $\partial = \partial_1\partial_3 = \epsilon_1\epsilon_3$, rezultă că $\frac{\partial_1\partial_3}{\epsilon_3} = \epsilon_1$. Deci:

$$\eta_t = 1 - \frac{\epsilon_1 - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1)}{[k - 1 + \lambda k(\partial_1 - 1)]}\cdot\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} = 1 - \frac{\epsilon_1 - 1}{[\lambda(\partial_1 - 1) + \frac{1}{k}(\lambda - 1)]}\cdot\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\,.$$

Expresia obţinută se mai poate scrie şi sub altă formă, dacă ţinem seama de următoarele relaţii:

$$\partial_1\partial_3 = \epsilon_1\epsilon_3 \quad \text{şi} \quad \lambda = \frac{\partial_3^k}{\epsilon_3^k};\ \lambda^{\frac{1}{k}} = \frac{\partial_3}{\epsilon_3}\,.$$

Rezultă:

$$\epsilon_1 = \frac{\partial_1\partial_3}{\epsilon_3} = \partial_1\lambda^{\frac{1}{k}}\,.$$

Deci:

$$\eta_t = 1 - \frac{\partial_1\lambda^{\frac{1}{k}} - 1}{[\lambda(\partial_1 - 1) + \frac{1}{k}(\lambda - 1)]}\cdot\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\,.$$

d_3. *Presiunea medie.*

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left\{\left[\frac{p_5}{p_4}(\partial_1 - 1) + 0 + \frac{p_5}{p_4}\cdot\frac{\partial_1}{k - 1}\left(1 - \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right)\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\frac{1}{k - 1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right) + 0 + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}(\epsilon_1 - 1)\right]\right\}$$

adică

$$p_m = \frac{p_4}{\epsilon - 1}\left\{\left[\frac{p_5}{p_4}(\partial_1 - 1) + \frac{p_5}{p_4}\cdot\frac{\partial_1}{k - 1}\left(1 - \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right)\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\frac{1}{k - 1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right) + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}(\epsilon_1 - 1)\right]\right\}.$$

e. **Ciclul teoretic al motoarelor cu auto-aprindere, cu regim lent şi cu detenta prelungită pînă la presiunea iniţială p_1 (sau ciclul teoretic al turbinei cu gaz, cu ardere sub presiune constantă)** (fig. 7).

Condiţiile de particularizare sînt următoarele:

$$\partial_1 = \frac{v_6}{v_5};\ \partial_2 = 1;\ \partial_3 = \frac{v_4}{v_6};\ \partial = \partial_1\partial_3;\ \epsilon_1 = \frac{v_1}{v_2};\ \epsilon_2 = 1;\ \epsilon_3 = \frac{v_2}{v_5};\ \epsilon = \epsilon_1\epsilon_3;$$

$$\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{\partial_3^k}{\epsilon_3^k} = 1.$$

e_1. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1. p_1, T_1,
2. $p_2 = p_1$, $T_2 = \frac{T_1}{\epsilon_1}$,
5. $p_5 = p_1\epsilon_3^k$, $T_5 = \frac{T_1}{\epsilon_1}\epsilon_3^{k-1}$,
6. $p_6 = p_5 = p_1\epsilon_3^k$, $T_6 = \partial_1 T_5 = \partial_1 \frac{T_1}{\epsilon_1}\epsilon_3^{k-1}$.

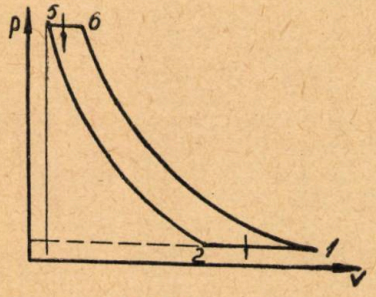


Fig. 7.

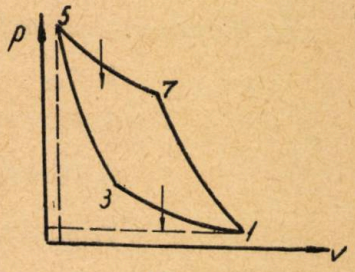


Fig. 8.

e_2. *Randamentul termic.*

$$\eta_t = 1 - \frac{\partial_1 \frac{\epsilon_3^{k-1}}{\partial_3^{k-1}} - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1) + 0}{[1 - 1 + k(\partial_1 - 1) + 0]} \cdot \frac{\epsilon_1}{\epsilon_3^{k-1}}.$$

Din relaţiile:

$$\lambda = \frac{\partial_3^k}{\epsilon_3^k} = 1 \text{ şi } \partial = \partial_1\partial_3 = \epsilon_1\epsilon_3 = \epsilon,$$

rezultă:

$$\partial_3 = \epsilon_3 \text{ şi deci } \partial_1 = \epsilon_1.$$

Aşadar:

$$\eta_t = 1 - \frac{\epsilon_1 - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1)}{k(\epsilon_1 - 1)} \cdot \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} = 1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}.$$

e_3. *Presiunea medie.*

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left\{\left[\partial_1 - 1 + \frac{\partial_1}{k-1}\left(1 - \frac{\partial_1^{k-1}}{\epsilon^{k-1}}\right)\right] - \left[\frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}(\epsilon_1 - 1)\right]\right\},$$

deoarece $\partial_1 = \epsilon_1$ şi $\epsilon = \epsilon_1\epsilon_3$, avem:

$$p_m = p_5 \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right) \cdot \frac{k}{k-1}.$$

f. **Ciclul Carnot** (fig. 8).

Condiţiile de particularizare sînt următoarele:

$$\partial_1 = 1\,;\, \partial_2 = \frac{v_7}{v_5}\,;\, \partial_3 = \frac{v_1}{v_7}\,;\, \partial = \partial_2\partial_3\,;\, \epsilon_1 = 1\,;\, \epsilon_2 = \frac{v_1}{v_8}\,;\, \epsilon_3 =$$

$$= \frac{v_8}{v_5}\,;\, \epsilon = \epsilon_2\epsilon_3\,;\, \lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{\partial_2\partial_3^k}{\epsilon_2\epsilon_3^k} = 1\,.$$

f_1. *Parametrii din vîrfurile ciclului.*

1. p_1, T_1,
2. $p_3 = p_1\epsilon_2$, $T_3 = T_1$,
5. $p_5 = p_1\epsilon_2\epsilon_3^k$, $T_5 = T_1\epsilon_3^{k-1}$,
7. $p_7 = p_1\frac{\epsilon_2}{\partial_2}\epsilon_3^k$, $T_7 = T_1\epsilon_3^{k-1}$.

f_2. *Randamentul termic.*

Din condiţiile:

$$\lambda = \frac{\partial_2\partial_3^k}{\epsilon_2\epsilon_3^k} = 1 \text{ şi } \partial = \partial_2\partial_3 = \epsilon_2\epsilon_3 = \epsilon$$

rezultă

$$\frac{\partial_2\partial_3\partial_3^{k-1}}{\epsilon_2\epsilon_3\epsilon_3^{k-1}} = 1\,;\, \frac{\partial}{\epsilon} \cdot \frac{\partial^{k-1}}{\epsilon_3^{k-1}} = 1\,;\, \partial_3 = \epsilon_3 \text{ şi deci } \partial_2 = \epsilon_2\,.$$

Introducînd în expresia generală a randamentului termic, condiţiile de particularizare, obţinem:

$$\eta_t = 1 - \frac{1 - 1 + 0 + (k-1)\ln\epsilon_2}{1 - 1 + 0 + (k-1)\ln\partial_2} \cdot \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}$$

sau

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}} = 1 - \frac{T_1}{T_5}\,.$$

f_3. *Presiunea medie.*

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left\{\left[0 + \ln\vartheta_2 + \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{\vartheta_2^{k-1}}{\epsilon^{k-2}}\right)\right] - \left[\frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}\right) + \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\ln\epsilon_2\right]\right\}$$

şi deoarece $\vartheta_2 = \epsilon_2$, obţinem:

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right)\ln\vartheta_2 + \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{\epsilon_2^{k-1}}{\epsilon_3^{k-1}\epsilon_3^{k-1}}\right) - \frac{1}{k-1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right)\Bigg],$$

adică

$$p_m = \frac{p_5}{\epsilon - 1}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}\right)\ln\vartheta_2 .$$

Observaţii

1. Exemplele considerate mai sus se referă la particularizarea expresiilor (5), (10) şi a celor din tabela 1, în cazul ciclurilor care cuprind întotdeauna pe lîngă alte transformări şi procese adiabatice; expresiile menţionate, se particularizează însă şi în cazul cînd procesele adiabatice lipsesc total sau în cazul cînd ele există numai în procesul detentei sau al compresiei.

2. Particularizarea expresiilor generale (5) şi (10) se poate face şi mai simplu, prin procedeul următor.

De pildă, pentru particularizarea rapidă a expresiei generale a randamentului termic, trebuie observat că dacă comparăm expresiile (4) şi (5):

$$(4) \qquad \eta_t = 1 - \frac{T_8 - T_1 + k\,(T_1 - T_2) + (k-1)\,T_2\ln\epsilon_2}{T_5 - T_4 + k\,(T_6 - T_5) + (k-1)\,T_6\ln\vartheta_2}$$

$$(5) \qquad \eta_t = 1 - \frac{\lambda\vartheta_1\left(\frac{\epsilon_3}{\vartheta_3}\right)^{k-1} - \epsilon_1 + k(\epsilon_1 - 1) + (k-1)\ln\epsilon_2}{[\lambda - 1 + \lambda k(\vartheta_1 - 1) + \lambda(k-1)\,\vartheta_1\ln\vartheta_2]} \cdot \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}$$

atunci:

a) *cedarea de căldură* q_2, este reprezentată de trei grupe de termeni: $(k-1)\ln\epsilon_2$, care este direct proporţional cu cedarea de căldură q_{2T} la $T = \text{const.}$, $k(\epsilon_1 - 1)$, care este direct proporţional cu cedarea de căldură q_{2p} la $p = \text{const.}$, $\lambda\vartheta_1\left(\frac{\epsilon_3}{\vartheta_3}\right)^{k-1} - \epsilon_1$, direct proporţional cu cedarea de căldură q_{2v} la $v = \text{const.}$;

b) *aportul de căldură* q_1 este reprezentat de asemenea de trei grupe de termeni: $\lambda(k-1)\,\vartheta_1\ln\vartheta_2$, care este direct proporţional cu aportul de căldură q_{1T} la $T = \text{const.}$, $\lambda k(\vartheta_1 - 1)$, direct proporţional cu aportul de căldură q_{1p} la $p = \text{const.}$, $\lambda - 1$, direct proporţional cu aportul de căldură q_{1v} la $v = \text{const.}$

c) termenii $\frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}$ şi $\left(\frac{\epsilon_3}{\vartheta_3}\right)^{k-1}$ caracterizează existenţa proceselor adiabatice în cursul transformării căldurii în lucru mecanic.

In atari condiţiuni, dacă se dă un ciclu oarecare (ceea ce înseamnă că se cunoaşte ϑ, ϵ şi λ), atunci dispariţia din ciclul dat a aporturilor şi a cedărilor de căldură reprezentate în expresia generală (5) prin termenii menţionaţi, antrenează anularea lor în expresia randamentului, deoarece după cum s-a arătat înainte, factorii $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ şi λ iau valori care anulează aceşti termeni.

Să particularizăm de pildă, după acest procedeu, expresia generală (5) în cazul ciclului cu electro-aprindere, reprezentat în fig. 3.

In acest caz, după cum se vede din fig. 3, avem:
$\vartheta = \vartheta_3$, deci $\vartheta_1 = 1$ şi $\vartheta_2 = 1$; $\epsilon = \epsilon_3$ deci $\epsilon_1 = 1, \epsilon_2 = 1$, iar $\lambda = \frac{p_5}{p_4} = \frac{p_8}{p_1}$ deoarece $\vartheta_2 = 1, \epsilon_2 = 1$, iar $\vartheta_3 = \epsilon_3$.

Intrucît aporturile şi cedările de căldură la $p = \text{const.}$ şi $T = \text{const.}$ lipsesc, rezultă: $q_{1p} = 0$, $q_{1T} = 0$, $q_{2p} = 0$, $q_{2T} = 0$ şi deci expresia (5) devine

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \vartheta_1 \left(\frac{\epsilon_3}{\vartheta_3}\right)^{k-1} - \epsilon_1}{\lambda - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon_3^{k-1}}.$$

Ţinînd seamă de valorile factorilor $\vartheta_1, \vartheta_3, \epsilon_1, \epsilon_3$ şi λ obţinem:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda - 1}{\lambda - 1} \cdot \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}.$$

6. Concluzii

1. Considerîndu-se un ciclu în care atît introducerea cît şi cedarea căldurii se efectuează neetajat, la volum constant, la presiune constantă şi la temperatură constantă, se ajunge la un ciclu nou, anume ciclul general al motoarelor cu ardere internă perfecte şi care reprezintă ciclul generator al tuturor ciclurilor existente precum şi a celor posibil de realizat în viitor.

2. Expresiile elementelor de bază ale ciclului general, adică a randamentului termic (5), a presiunii medii (10) şi a parametrilor din vîrfurile ciclului (tabela 1), reprezintă expresiile generale ale elementelor menţionate pentru toate motoarele cu ardere internă perfecte.

3. Particularizarea uşoară a expresiilor generale a randamentului termic şi a presiunii medii ca şi a parametrilor din vîrfurile ciclului, simplifică considerabil studiul teoretic al motoarelor cu ardere internă, permiţînd o vedere de ansamblu asupra tuturor tipurilor existente.

Importanţa industrială a ciclului general ca şi problemele noi care decurg din aceasta sînt în studiu.

Catedra de Maşini Termice

BIBLIOGRAFIE

1. Şt. Procopiu, *Termodinamică*, Iaşi, 1948, p. 183.
2. L. Lacoin, *Cours de Thermodynamique et de théorie des moteurs*, Paris, 1938.

ОБЩИЙ ЦИКЛ ИДЕАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ОБ ОБЩИХ ВЫРАЖЕНИЯХ ТЕРМИЧЕСКОГО К. П. Д. И СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

(Краткое содержание)

В этой работе, авторы устанавливают общий теоретический цикл двигателей внутреннего сгорения и определяют для этого общего цикла, выражения термического к. п. д. и среднего давления.

Выражения термического к. п. д. и среднего давления оказываются общими для всех теоретических циклов двигателей внутреннего сгорания и позволяют найти легко все теоретические циклы двигателей внутреннего сгорания как частные случаи общего цикла.

LE CICLE GÉNÉRAL DES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE PERFECTES. CONSIDÉRATIONS SUR LES EXPRESSIONS GÉNÉRALES DU RENDEMENT THÉRMIQUE ET DE LA PRESSION MOYENNE

(Résumé)

Dans ce travail, les Auteurs établissent le cycle théorique général des moteurs à combustion interne et déterminent pour ce cycle général les expressions du rendement thermique et de la pression moyenne.

L'expression du rendement thermique et de la pression moyenne résulte générale pour tous les cycles théoriques des moteurs à combustion interne et permette une particularisation facile pour chaque type de cycle.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc 1–2, 1955

STUDIUL PIERDERILOR DE SARCINĂ IN BUCLE ŞI SERPENTINE

DE

CONSTANTIN CIOBANU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

In literatura de specialitate, referitor la lucrările de laborator, se găseşte foarte des şi stăruitor menţionată importanţa poziţiei punctelor de măsură, adică a prizelor pentru manometrul diferenţial, faţă de coturi sau orice altă cauză producătoare de perturbaţiuni în regimul de mişcare a lichidului prin conductă.

Această poziţie a prizelor de măsură este dată în funcţie de diametrul conductei, de exemplu : ea trebuie să se găsească la o distanţă de (20÷10) d în aval de cauza perturbatoare şi la o distanţă de (5÷10) d în amonte de cauza perturbatoare.

Din cele de mai sus, se poate trage concluzia că prin pierdere de sarcină locală, trebuie să se înţeleagă pierderea din piesa în sine, plus pierderea ce rezultă drept consecinţă a propagării perturbaţiilor pe o lungime de un număr de ori diametrul conductei, în amonte sau în aval de piesa considerată.

De aceea mi-am propus a studia influenţa pe care o are distanţa dintre două coturi succesive, asupra pierderilor de sarcină de pe reţea (conductă simplă sau serpentină).

Instalaţia de care m-am folosit (fig. 1) respectă condiţiile de mai sus, referitoare la amplasarea prizelor de măsură şi este compusă din :

a. două tronsoane de conductă $\varnothing_{nom} = 1''$ şi de lungime 3 m fiecare ;

b. cinci tronsoane de lungime : 0,1015 ; 0,152 ; 0,254 ; 0,568 ; 0,762 şi 1,01 m, ceea ce înseamnă, respectiv : $l/d = 4$; 6 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 ;

c. un manometru diferenţial cu lichid (apă) cu $\omega = 1$ cm^2 ;

d. un termometru cu indicaţii pînă la zecimi de grad ;

e. un cronometru cu indicaţii pînă la o sutime de secundă.

Găurile pentru priza de măsură se găsesc distribuite pe tronsoanele laterale (1 şi 2) în aşa fel ca să se păstreze la orice schimbare a distanţei dintre coturi, aceeaşi lungime L. Ele au un diametru de 2 mm, mărimea diametrului fiind impusă de aceleaşi considerente, adică de a nu provoca nici cea mai mică perturbaţie mai ales în punctul de priză.

Metoda de lucru. Se fac două măsurători simultane:

a. măsura lui Δh provocat de pierderile de sarcină din sistem, măsurat cu manometrul diferențial cu lichid;

b. măsura debitului prin metoda cîntăririi.

A doua măsurătoare ne dă indicații asupra regimului de scurgere adică posibilitatea de a lega pierderea de sarcină de numărul R_e.

Citirea lui Δh se face după cel puțin cinci minute de scurgere a lichidului, timp necesar pentru stabilizarea regimului de scurgere. In tot acest interval, prizele de măsură se țin închise, deschizîndu-se după cele 5 minute, iar lectura se va face numai în condițiile în care indicațiile se păstrează constante.

Sistemul se găsește într-un plan orizontal.

Cîntărirea se repetă și se calculează media, aceasta pentru a reduce pe cît posibil erorile de măsură. Temperatura se măsoară la fie-

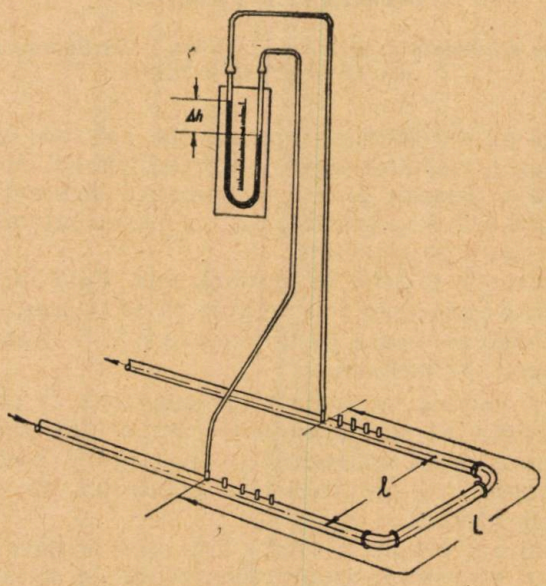


Fig. 1.

care determinare. Varierea regimului de scurgere se obține cu ajutorul a trei rezervoare montate la înălțimi diferite. Nivelul liber al apei s-a menținut constant prin preaplinuri ce se găsesc respectiv la: 10 m; 18 m; și 25 m față de axul conductei.

Fiecare poziție dă posibilitatea, prin intermediul unui robinet, să se obțină cel puțin două presiuni.

S-a lucrat și cu o pompă centrifugală, ce dispune de un $H = 25$ m. In acest caz presiunea se variază de asemenea cu ajutorul unui robinet.

Rezultatele obținute întrebuințînd pompa, spre deosebire de acelea obținute întrebuințînd rezervoarele, sînt mai puțin precise, de oarece turația motorului suferă modificări datorite încărcărilor masive neregulate a rețelei electrice.

Studiul s-a efectuat deocamdată numai asupra unui singur diametru şi s-au întreprins cca 600 determinări prin metoda cîntăririi.

Pe baza acestor determinări s-au trasat curbele din fig. 2 pentru variaţia coeficientului ζ în funcţie de l/d.

In Δh, citit la manometrul diferenţial intră pierderile liniare şi pierderile locale, iar în pierderile locale vom îngloba şi pierderile datorită influenţei reciproce dintre coturi, funcţie de distanţa dintre aceste coturi.

Mai întîi s-au calculat pierderile de sarcini liniare după formula clasică:

$$h_{rl} = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

în care, din literatură, pentru conducte de fier galvanizat s-a admis că $\lambda = 0{,}02$ (după Nikuradze) deci $h_{rl} = 0{,}123\ v^2$.

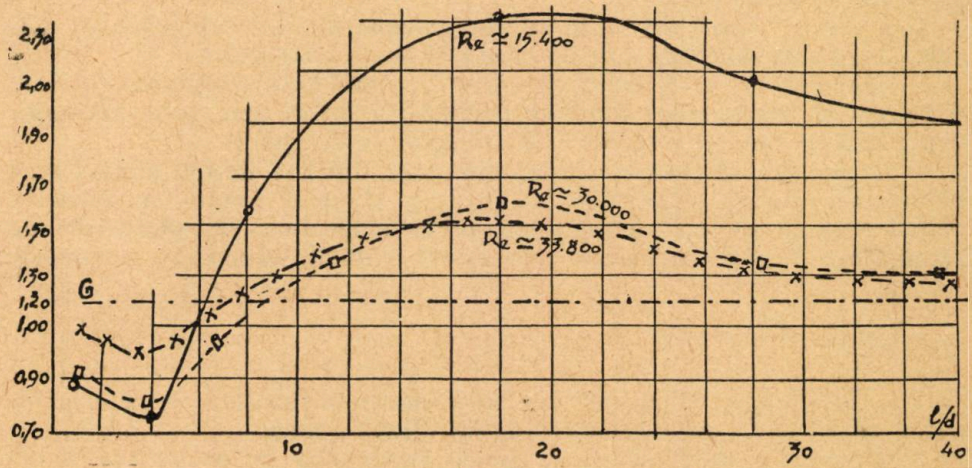


Fig. 2.

Scăzînd această valoare din Δh, citit pe manometrul diferenţial, se obţine înălţimea de sarcină corespunzătoare celorlalte pierderi, adică datorită coturilor şi a influenţei distanţei dintre coturi.

Pentru coturi bruşte, în literatură se dau valori pentru ζ foarte diferite şi care variază între 0,26 şi 1,2, în funcţie de R_e.

Pentru a ne da seama că într-adevăr distanţa dintre coturi intervine într-un mod oarecare în valoarea pierderilor de sarcină, s-a luat drept reper valoarea $\zeta = 1{,}2$.

Determinarea lui ζ_s.

Acest ζ_s se referă nu numai la coturi, ci la întregul sistem, adică la buclă. Această omologare s-a făcut, de oarece perturbaţiile sînt provocate de coturi şi ele se propagă şi se menţin pe o anumită lungime de conductă (cca. 50 d).

Ca urmare a acestora, ele pot fi considerate tot pierderi locale, aşa că:

$$\frac{\Delta h_r}{2} = \zeta_s \frac{v^2}{2g}$$

în care: $h_r = \Delta h - h_{rl}$, iar ζ_s — coeficient de rezistenţă a sistemului.

S-a luat $\Delta h_r/2$, pentru a indica prezenţa celor două piese din sistem (coturi), care produc pierderi de sarcină locală şi de care depind în mod strîns şi pierderile de sarcină datorită influenţei reciproce a coturilor şi a distanţei între ele.

Analizînd curbele din fig. 2 se pot face următoarele constatări:

a. curba de variaţie a lui ζ_s în funcţie de l/d, arată că ζ_s trece printr-un minimum pentru $3 < l/d < 10$, (fapt care este în perfect acord cu curbele trasate de mai mulţi cercetători, pentru un singur cot), iar mai tîrziu creşte şi atinge valoarea maximă pentru $l/d=20$ pentru ca pe urmă să scadă din nou;

b. pentru valori mari ale lui R_e, valorile lui ζ_s se apropie de 1,2, adică valoarea adoptată din literatură şi luată ca reper.

Valoarea 1,2 este atinsă de către ζ_s numai pentru regiunea $l/d > 50$ şi pentru R_e mari, adică după ce perturbaţia nu se mai face resimţită şi lichidul îşi recapătă regimul său normal de scurgere.

Se înţelege că într-o serpentină, care dispune de mai multe bucle' pentru R_e mici şi penru $l/d \approx 20$, precum chiar şi pentru următoarele valori pînă la $l/d = 50$ (cînd orice perturbaţie dispare), pierderile de sarcină vor fi mai mari decît cele găsite obişnuit, adoptîndu-se $\zeta = 1{,}2$.

Concluzii generale.

1. Atît pentru bucle dar mai ales pentru serpentine, în calcule va trebui să se ia în consideraţie distanţa dintre coturi.

2. Pentru a ne situa într-o poziţie economică de proiectare a instalaţiei, este indicat să se evite raportul $l/d \approx 20$ (pentru regimul corespunzător) pentru care după cum am văzut pierderile de sarcină sînt maxime.

3. Această concluzie este valabilă deocamdată numai pentru situaţia din prezenta lucrare, urmînd ca după extinderea măsurătorilor şi asupra altor diametri şi numere R_e, să se poată trage concluziile definitive iar rezultatele să fie transpuse într-o relaţie de calcul, care să aibă un caracter mai general.

4. Prin pierderile de sarcină locală trebuie să se înţeleagă întreaga porţiune (zonă) afectată de cauza perturbatoare în sine, adică trebuie să se ia în considerare şi efectul asupra valorii lui ζ, a distanţelor din amonte şi aval, pe care se face simţită perturbaţia datorită sistemului.

Actualmente studiul este continuat şi asupra tuburilor de diverse diametre, pentru regimuri de scurgere diferite precum şi pentru alte armături ce ar putea să producă o influenţă asemănătoare, în ceea ce priveşte valoarea pierderilor de sarcină.

Laboratorul de Hidraulică

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЙ НА ПОВОРОТАХ И СЕРПЕНТИНЕ

(Краткое содержание)

Опытными исследованиями доказывается, что расстояние между двумя коленами оказывает влияние на гедравлическое сопротивление.

Рис. 2 дает изменение гидравлического сопротивления в зависимости от отношения l/d.

Изменение будет максимальным для $l/d = 20$.

L'ÉTUDE DES PERTES DE PRESSION DANS LES BOUCLES ET SERPENTINS

(R é s u m é)

On prouve par des essais expérimentaux, que la distance entre deux coudes, exercite une influence sur la valeur de la résistence hydraulique.

La variation de la résistence hydraulique en function du raport l/d, est représentée dans la fig. 2. Cette variation devient maximum pour la valeur $l/d = 20$.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

STUDIU ASUPRA POSIBILITĂŢII REALIZĂRII ELECTROPOMPELOR MONOBLOC

DE

CONSTANTIN CIOBANU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12 — 13 februarie 1955

I. Introducere

Tipul de pompă propus constă dintr-un rotor de pompă asemănător aceluia al pompelor centrifugale rapide (diagonale sau chiar axiale) montat în interiorul unui rotor de motor asincron.

Este cunoscut faptul că la motoarele electrice asincrone de puteri mici, rotorii sînt plini, adică masivul rotorului, format din tole de Fe-Si, se sprijină direct pe arbore, iar la puteri mari, rotorii sînt goi în interior, legătura cu arborele făcîndu-se prin intermediul lanternei. De ex. la motorul asincron de 130 kw şi $n = 750$ rot/min diametrul golului este de 400 mm iar diametrul exterior de 573 mm, grosimea peretelui fiind de 86,5 mm.

Mărindu-se acest gol rezultat prin îndepărtarea arborelui sau a lanternei, se crează posibilitatea montării în interior a unui rotor de pompă de tipul amintit. Maşina astfel rezultată constituie noul tip de motopompă. Avantajele imediate ce se întrevăd sînt reducerea gabaritului şi a greutăţii maşinei.

II. Posibilităţi de realizare

Pentru realizarea maşinei propuse sînt două soluţii:

1. utilizarea motoarelor asincrone standardizate;
2. proiectarea în întregime a maşinii, avînd în vedere noua situaţie în care este pus să funcţioneze rotorul motorului asincron.

SOLUŢIA 1

Problema ce se pune este ca pentru aceeaşi putere, diametrul exterior (D_2) al rotorului hidraulic, să fie mai mic decît acel al rotorului electric (D'_2) şi anume atît cît permit condiţiile electromagnetice constructive pentru ca funcţionarea motorului să se facă cu un randament bun. Altfel spus, problema ar fi următoarea: la motoarele existente pentru ce puteri şi pentru ce n_s al pompelor, realizarea maşinii propusă este posibilă?

Pentru a răspunde la această întrebare s-a calculat diametrul D_2 și D'_2 pentru o aceeași putere. Mersul calculului este următorul:

a. *Calculul sarcinii.* Din relația turației specifice $n_s = \frac{n}{H}\sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}}$ se calculează sarcina H:

$$H = \left(\frac{n}{n_s}\sqrt{P}\right)^{4|5}$$

în care: H – sarcina manometrică în m. C. A.; n – numărul de rot/min; n_s – turația specifică și P – puterea mașinii.

b. *Calculul debitului.* Pentru același P, debitul îl vom calcula din:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta\ 75}\ \text{CP de unde}\ Q = \frac{75\ \eta}{\gamma}\frac{P}{H}\ \text{m}^3/\text{sec}.$$

c. *Calculul vitezei periferice de eșire* (u_2) se face cu ajutorul relației:

$u_2 = k_{u2}\sqrt{2g\ H}$ m/sec, (în care k_{u2} variază cu turația specifică).

d. *Calculul diametrului exterior al rotorului de pompă* (D_2):

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}\ \text{de unde}\ D_2 = \frac{60\ u_2}{\pi n}\ \text{m}.$$

e. *Calculul diametrului exterior al rotorului electric,* s-a făcut după relația:

$$D'_2 \approx 4{,}6\sqrt[3]{\frac{P\ p^2}{\zeta}}$$

în care: P – puterea nominală a motorului, la regim normal de funcționare; p – numărul perechilor de poli; $\zeta \approx 1 \div 1{,}25$ pentru mașini mai mici de 100 Kw; $\zeta \approx 1{,}5 \div 3{,}35$ pentru mașini mai mari de 100 Kw.

Calculele au fost făcute pentru: $P = 5 \div 400$ CP; $n = 3000$; 1500; 750 rot/min; $n_s = 200 \div 600$.

Pe baza rezultatelor din calculele de mai sus, s-au trasat curbele: $H = f(n_s)$ (fig. 1 ÷ 3), și ale lui D_2 și D'_2 în funcție de putere (fig. 4 ÷ 6).

Rezultatele obținute pentru D'_2, au fost confruntate cu cele ale motoarelor de fabricație R. P. R. și s-a constatat că dimensiunile reale sînt în general egale sau chiar mai mari decît cele calculate (așa cum se vede în fig. 4 ÷ 6).

Din fig. 4 ÷ 6 reiese clar pentru care valori ale lui n_s al pompelor și pentru care puteri ale motoarelor asincrone standardizate, soluția 1 este posibilă.

Calculul sumar de mai jos, va ilustra și mai bine posibilitatea realizării noului tip de motopompă după soluția 1.

Calculul se face asupra motorului citat, adică cu caracteristicile: P=130 kw; n = 750 rot/min și $D'_2 = D_0 = 0{,}400$ m. Considerăm că pompa are 2 etaje și că diametrul de intrare este și mai mic, adică $D_0 = 0{,}380$ m.

a. Calculul lui Q':

$$Q = c_0 \frac{\pi}{4}(D_0^2 - d_0^2)$$

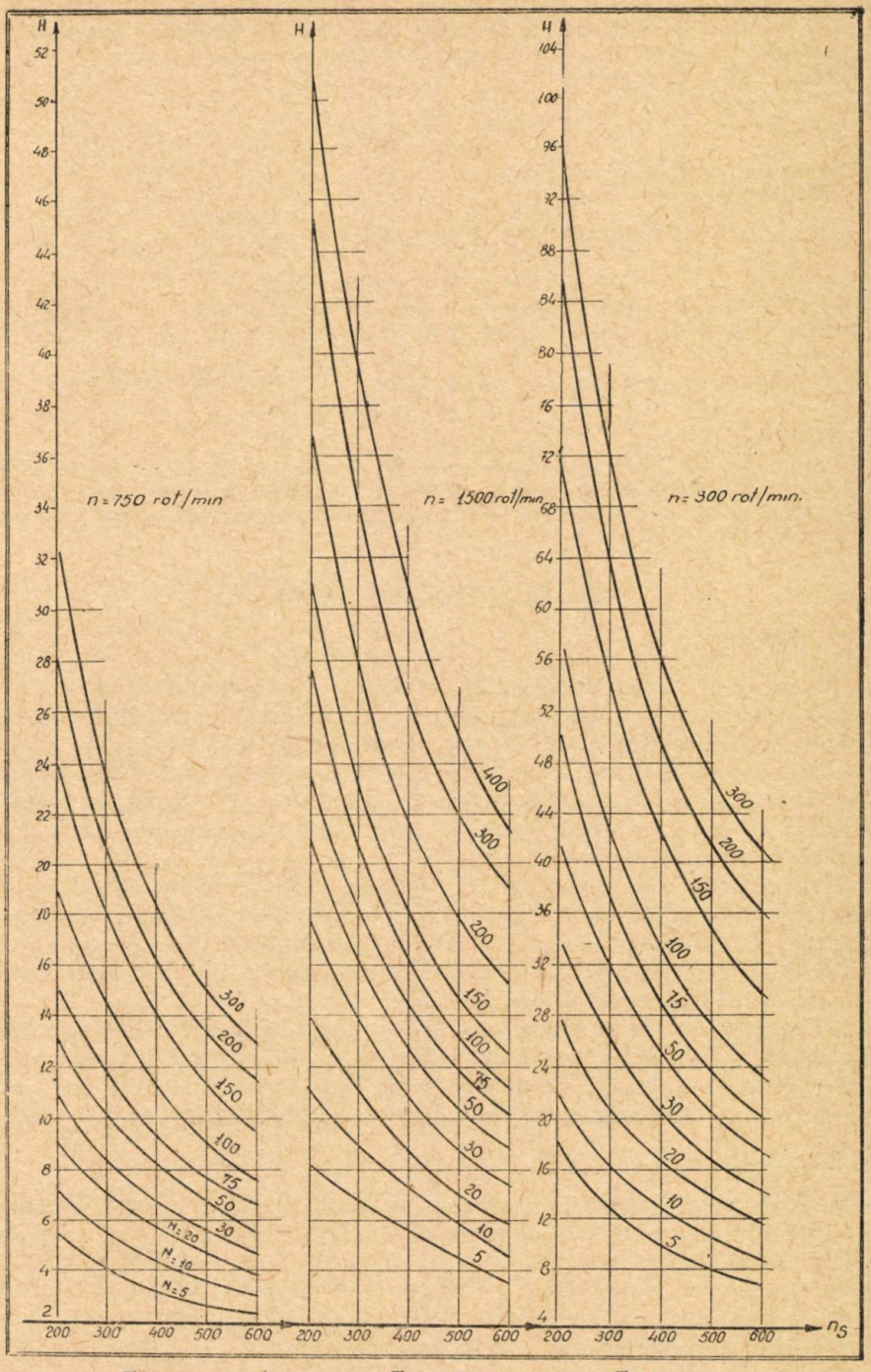


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

în care: c_0 e viteza de intrare în rotor şi o admitem de 4 m|sec, d_0 diametrul arborelui, pe care de asemenea îl admitem de 0,04 m ca fiind mai puţin solicitat ca la pompele obişnuite.

Rezultă $Q' = 0{,}449$ m³|sec.

b. Calculul lui Q:

$$Q = \eta_v Q' = 0{,}404 \text{ m}^3|\text{sec},$$

unde η_v = rand. volumetric = 0,9.

c. Calculul lui H':

$$P = 13{,}33 \frac{Q H'}{\eta} \text{ CP de unde } H' = \frac{\eta P}{13{,}33 Q}$$

în care H' — sarcina pentru 2 etaje, iar $\eta = 0{,}7$ — rand. total.

Deci $H' = 30$ m. C. A. iar $H = 15$ m. C. A.

d. Calculul turaţiei specifice: $n_s = \frac{n}{H} = \sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}} = 355$ deci este vorba de o pompă centrifugală rapidă, adică diagonală.

e. Calculul lui D_2. Pentru pompele centrifugale diagonale se admite $D_2|D_0 = 0{,}6 \div 0{,}8$. Admiţînd $D_2|D_0 = 0{,}7$, rezultă că $D_2 = 0{,}266$ m căruia îi corespunde o viteză periferică la eşire de $u_2 = 10$ m|sec. suficient de mică pentru a nu ne teme de pierderi hidraulice mari.

Particularităţile rotorului

1. *hidraulic*

După cum reiese din însăşi concepţia constructivă, paletele rotorului hidraulic se mişcă solidar cu rotorul electric. Butucul rotorului hidraulic, îndeplineşte rolul numai de organ de fixare a poziţiei paletelor către axul de rotaţie, fără să fie supus solicitărilor la care este supus butucul cu arborele pompelor obişnuite. Al doilea rol este de a servi drept sprijin (lagăr) pentru axul paletelor statorice ce intervin în cazul pompelor etajate.

Din cele de mai sus, rezultă că între rotorul hidraulic al pompei propuse şi al acelora obişnuite, există o difere ţă, datorită faptului că şi carcasa din dreptul statorului rotorului hidraulic se roteşte.

Referindu-ne la pierderile hidraulice, acest fapt, la prima vedere, face ca rotorul nou să fie în avantaj.

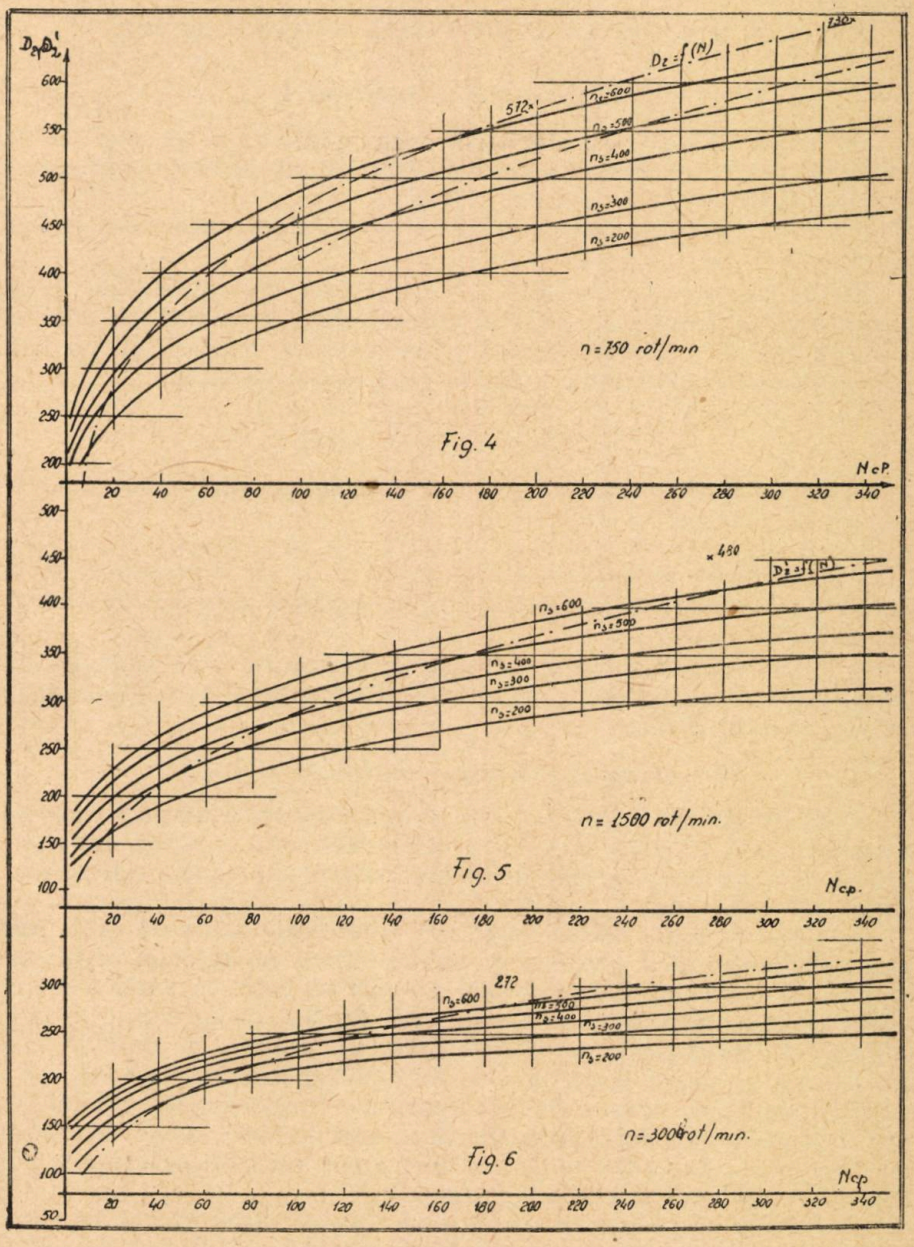
Prin urmare regimul de mişcare al lichidului şi ca atare cîmpul hidrodinamic, este altul decît cel obişnuit şi în consecinţă, dimensionarea rotorului hidraulic se va face pe baza unor noi relaţii de calcul, puse de acord cu rezultatele cercetărilor practice asupra unui prototip.

2. *electric.*

a. Reducerea masei metalice a rotorului electric, prin mărirea golului interior ar putea să aibă uneori drept consecinţă o creştere a încălzirii; însă circulaţia apei prin interiorul rotorului, asigură acestuia o răcire mai bună chiar decît ar fi avut-o în cazul cînd el n-ar fi suferit modificarea amintită. Acest fapt duce la o economisire a materialului de construcţie a motoarelor asincrone.

b. Lungimea rotorului electric al motoarelor asincrone existente, dă posibilitatea realizării unei motopompe cu cel puţin două etaje. In

acest caz sarcina de refulare va creşte şi odată cu ea şi puterea. Acest fapt face ca zona posibilităţii soluţiei 1 să crească, deplasîndu-se către stînga (fig. 4 ÷ 6).



SOLUŢIA 2

Această soluţie constă în proiectarea în întregime a maşinii, adică în afară de rotorul hidraulic, înseşi motorul asincron este proiectat

avîndu-se în vedere condițiile noi în care este pus să lucreze, de ex. pentru un Q mare, este necesară creșterea lui D'_2, iar în cazul presiunilor mari (pompe etajate), va fi necesară o creștere a lungimii rotorului.

Soluția 2, face obiectul părții a doua a lucrării de față.

III. Avantajul soluției 1

Se utilizează motoare standard, ceea ce înseamnă că se poate trece imediat la execuție, fără ca partea electrică să sufere modificări însemnate. Modificările ce survin sînt:

a. mărirea diametrului matriței corespunzătoare rotorului în limita menționată;

b. prelungirea găurilor-casetă, din capace, ale rulmenților pînă la străpungere. În locul lor, pentru puteri mici, se introduce arborele-conductă nou, iar pentru puteri mari capacul motorului va suferi modificări, avîndu-se drept scop asigurarea etanșeității.

IV. Avantajele soluției 2

a. Se va putea armoniza dimensiunile motorului electric cu acelea ale pompei propriu zise;

b. se va putea ajunge la o utilizare cît mai bună a materialului electric avîndu-se în vedere că raportul L/D va fi modificat și deci și întreaga dimensionare, drept consecință a răcirii perfecte de care dispune noua mașină;

c. prin rezultatele teoretice puse de acord cu cele practice (cercetări), mașina va putea fi adusă în situația de a funcționa cu un randament total maxim.

V. Avantaje comune ambelor soluții

a. Simplitate de execuție; prin însăși concepția mașinii, indiferent de mărime sau utilizare, după pregătirea rotorului electric, nu rămîne decît să se introducă în interiorul lui, rotorul hidraulic. Alt organ al pompei nu intervine.

b. După cum am amintit mai sus, avantajele imediate ar fi reducerea gabaritului și a greutății și anume: dacă ne referim la pompele de presiuni mari (multietajate) care au un D_2 mic în cazul cînd sînt folosite pentru adîncimi, este ușor de înțeles că se va cîștiga din înălțimea de construcție a puțului. Dacă ne referim la unitățile mari, cînd pompa ar putea fi de tipul centrifugal rapid (diagonale sau axiale), gabaritul stației se reduce în lungime cu: lungimea pompei (ce pînă acum constituia un corp separat); lungimea cuplei; lungimea cotului, care în cazul tipului de mașină nou propus, nu mai constitue o parte integrantă, așa cum era la cele existente.

Greutatea se reduce și ea în mod simțitor dacă se are în vedere că: însăși capacele motorului vor folosi drept piese (flanșe) de racord; corpul pompei va fi înlocuit de însuși rotorul motorului; tija rotorului hidraulic se cuplează cu motorul (cupla) precum și cotul ce servește drept sprijin pentru lagărul cuplei, nu mai intervin.

c. reducerea suprafeței clădite și a fundației. Această reducere reiese din însăși reducerea gabaritului și ea este mai importantă la unitățile mari etajate, cînd pompa poate fi amplasată și sub mers. Această economie este și mai importantă în cazul pompelor verticale. Este de menționat că și trepidațiile la noul tip de pompă vor fi mai reduse, ceea ce duce la o reducere a dimensiunilor fundației.

VI. Domenii de utilizare

1. Dacă ne referim la construcțiile după prima soluție și la cazul cînd se dispune de un H mai mic și un debit mai mare, mașina propusă va putea fi utilizată cu succes în:

a. stațiile de primă treaptă din instalațiile de alimentare ale centralelor termoelectrice;

b. în termocentrale, la răcirea condensatorilor;

c. în instalațiile de epuisment (evacuare) la care nu se cere un H mai mare de 7 m;

d. în irigații. Bazinele Prut, Siret, Ialomița, Argeș, Olt, Jiu, Timiș, Mureș, Crișuri, Someș și Lunca Dunării, au nevoie de cca 1150 stații de pompare, care totalizează un debit de 488 m³/sec. Dintre acestea, un număr de 963 sînt stații cu un debit redus, sub 1 m³/sec. Acele cu $Q = 0{,}5$ m³/sec. și $H = 6 \div 8$ m precum și acele cu $Q = 0{,}25 \div 0{,}1$ m³/sec și $H = 8 \div 12$ m sînt cele mai numeroase.

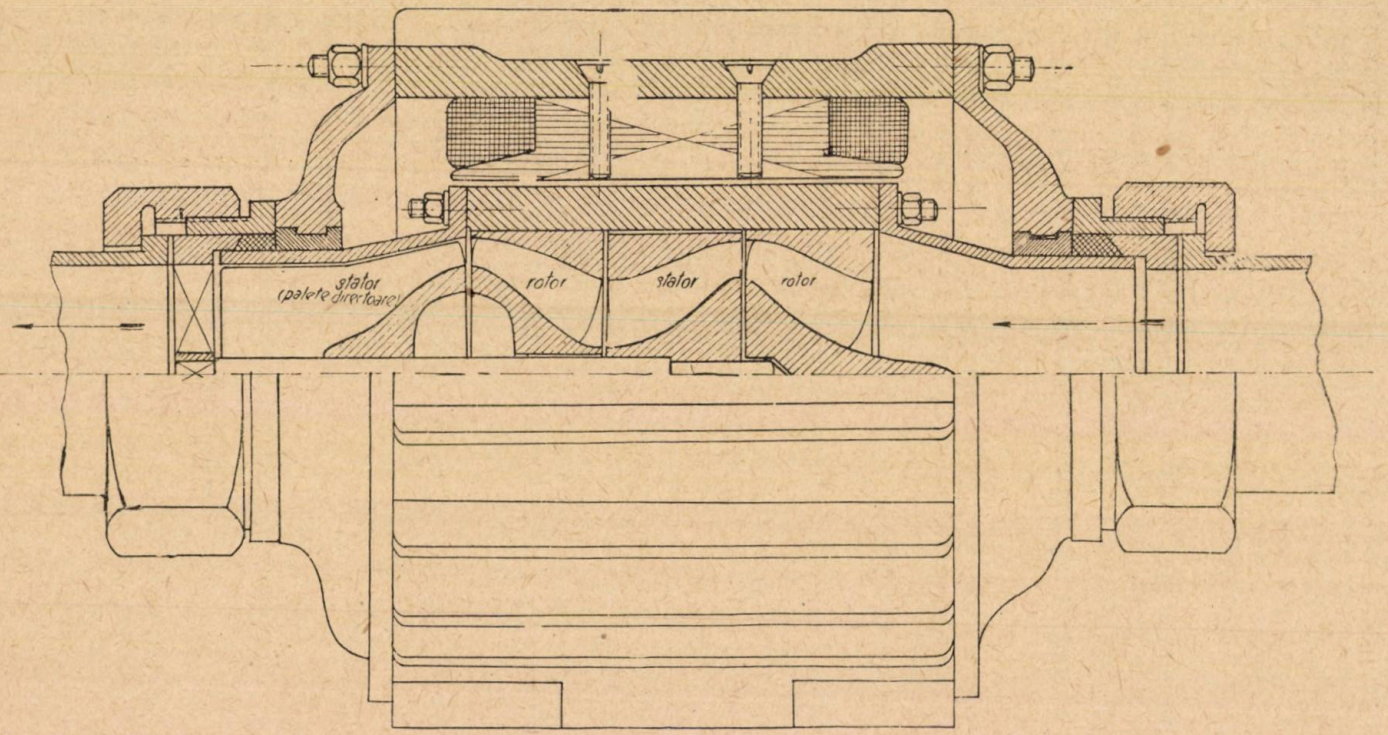
2. In cazul soluției 2, deci cînd diametrii rotorilor hidraulici precum și ai rotorilor electrici, prin proiectare vor permite adoptarea tipului de pompă elicoidal, utilizarea mașinilor cu un randament bun va fi indicată în instalațiile de irigare și desecare. Cam în aceleași bazine citate mai sus, se simte nevoia în lucrările de desecare a cca 90 stații de pompare cu H cuprins între 4 și 10 m și Q cuprins între 0,5 și 3 m³/sec.

3. In cazul diametrilor mici, cînd $P_{mot} > P_{pompă}$, aceste tipuri de pompă vor putea fi folosite în instalațiile de condiționare. In acest caz o parte din puterea motorului va fi utilizată pentru transportul debitului de apă necesar umidificării și răcirii, iar restul de putere va putea antrena un ventilator.

VII. Prezentarea mașinii pentru încercări

Mașina este realizată după soluția 1, pe un motor asincron cu $P = 2{,}8$ kw și $n = 3000$ rot/min; ea apare ca în fig. 7. Rotorul a fost executat în întregime în atelierul de mecanică fină al Institutului Politehnic din Iași.

In figură se observă că pereții capacelor motorului, au fost străpunși la diametrul exterior al rulmenților și s-au introdus lagăre de bronz cu compoziție. In aceste lagăre se rotesc arborii-conductă ce apar ca niște flanșe conice prinse de rotorul electric cu 5 șuruburi de oțel. Șuruburile de oțel ar putea să formeze o a doua colivie de veveriță ce ar favoriza o pornire ușoară. Prima colivie este formată din bare rotunde de cupru nituite pe inele de bronz forjat, după o prealabilă presare puternică a rondelelor de tablă Fe-Si.



F ig .7.

Etanşarea intrării şi ieşirii din pompă, s-a realizat prin sistemul presetupă. Presetupa este montată între arborele-conductă şi ştuţul hollenderului de racord a conductelor de aspiraţie şi refulare.

Rotorul hidraulic este cu două etaje şi de tipul centrifugal rapid-diagonal. Etajele sînt separate de paletele statorice. De asemenea atît la intrare cît şi la ieşire sînt prevăzute palete statorice; ultimele jucînd rolul de difuzor.

VIII. Concluzii

1. Maşina propusă are la bază un principiu constructiv şi de funcţionare nou.

2. Prin concepţia sa de bloc, se aduc mari economii de material de construcţie a maşinii cît şi de suprafaţă clădită.

3. Maşina dispune de un larg domeniu de aplicaţie, putînd înlocui în mare parte pe cele existente.

Laboratorul de Hidraulică

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПОМПЫ МОНОБЛОК

(Краткое содержание)

Исследование привело к возможности реализации мотопомпы нового типа. Это достигается введением ротора центробежной скоростной помпы (диагональной или аксиальной) в якорь асинхронного мотора.

Были рассмотрены и изучены две возможности:

а) использование стандартных моторов;

б) проектирование новой машины.

Выгоды новой машины состоят в уменьшении габарита, веса и застроенной площади станции.

Указана область применения станции больших мощностей с высоким расходом воды и малым давлением.

Машина такого типа была изготовлена и служит для опытных исследований.

ÉTUDE SUR LA POSSIBILITÉ DE RÉALISATION DES ÉLECTROPOMPES MONOBLOC

(R é s u m é)

L'étude démontre la possibilité de la réalisation d'un nouveau type de motopompe.

La machine est réalisée par l'introduction du roteur de pompe du type centrifugale-rapide (diagonale ou axiale), dans l'intérieur du l'induit d'un moteur asynchrone.

Pour la réalisation, on a étudié deux solution:

a. l'utilisation des moteurs normalisés;

b. des machines dont le projet est concu pour l'ensemble.

Les avantages de cette conception consistent dans la reduction du bâti, du poids et de bâtiment des stations.

Le domaine d'application indiqué est celui des grandes unités à grand débit et de pression réduite.

On a executé une machine qui est soumise à des recherches expérimentales.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

DETERMINAREA VITEZELOR ECONOMICE IN CONDUCTELE DE VENTILAŢIE

DE

GÉRARD D'ALBON, C. CIOBANU şi DAN URSESCU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

I. Introducere

1. IMPORTANŢA ECONOMICĂ A PROBLEMEI

In dezvoltarea actuală a industriilor şi în sistematizarea celor vechi, echiparea lor cu instalaţii de ventilaţie a rezultat din nevoia de a satisface condiţiile de protecţie a muncii, precum şi a acelora de perfecţionare a proceselor tehnologice. In consecinţă volumul anual de investiţii necesar satisfacerii cerinţelor amintite, va fi crescut pentru o lungă perioadă de vreme.

De aceea este foarte important ca aceste investiţii să se proiecteze şi să se execute astfel, încît costul anual al ventilaţiei să fie minim.

Deşi în general în fabricile noi şi cele care se sistematizează astăzi, costul conductelor de ventilaţie intră cu o valoare relativ scăzută, toate aceste investiţii totalizează în ţară fonduri importante anuale şi un consum important de materiale dintre care unele deficitare.

In ceea ce priveşte costul anual al energiei consumate de instalaţiile de ventilaţie, constatăm că prezintă o deosebită importanţă. Sînt exemple în care consumul de energie al instalaţiilor de ventilaţie şi condiţionare atinge o treime din consumul total de energie al întreprinderii.

2. FACTORII CARE DETERMINĂ COSTUL ANUAL AL VENTILAŢIEI

O proiectare corectă trebuie să dea soluţia care stabileşte costul anual al ventilaţiei la o valoare minimă. Acest cost însumează: a) costul exploatării anuale care cuprinde şi costul anual al energiei şi b) amortizarea anuală a investiţiilor.

Viteza economică depinde de toţi factorii care pot influenţa aceşti doi termeni:

a) Costul unui m^2 de conductă de ventilaţie măsurată desfăşurat.
b) Costul unui kwh.
c) Randamentul ventilatoarelor şi al motoarelor electrice.
d) Numărul de ore anual de funcţionare al instalaţiei.
e) Valoarea spaţiului construit ocupat de conducte.

f) Natura instalaţiei în ceea ce priveşte valoarea rezistenţelor locale, raportată la lungimea totală a conductei.

g) Valoarea grupului motor ventilator şi al instalaţiilor electrice pentru satisfacerea energetică a grupului.

4. CRITERIILE UZUALE APLICATE AZI

In genere, instalaţiile se proiectează astăzi fără a se face un calcul economic riguros al vitezelor, ci se adoptă valori recomandate de tratatele de specialitate, care valori variază în limite foarte largi – de exemplu:

1. G. A. Maximov („Calculul conductelor de ventilaţie", Leningrad, 1952, p. 40): viteza normală oscilează între 1 şi 4 m/sec. în tronsoanele cele mai depărtate de ventilator şi între 8 şi 12 m/sec, în cele mai apropiate de ventilator. In construcţiile industriale în care nu se pretinde o estetică în execuţie se admite o viteză economică de 6 m/sec (mai ales pentru instalaţiile de ventilaţie pentru desprăfuire şi în instalaţiile de transport pneumatic).

In general în instalaţiile de ventilaţie viteza aerului oscilează între 4 şi 12 m/sec.

2. V. V. Baturin („Ventilaţia industrială", trad. din l. rusă, Ed. tehnică 1953, p. 181): obişnuit în canalele principale se admite o viteză de $8 \div 10$ m/sec In conductele speciale (ce oferă un spaţiu redus construit), se admit viteze şi mai mari.

In genere în vecinătatea ventilatorului se admit viteze mai mari, iar către capetele reţelei, mai mici.

3. A. I. Orlov („Incălzire şi ventilaţie" trad. din l. rusă, E.S.A.C., 1954, p. 246):

a) pentru clădiri civile, viteza din canalele de ventilaţie se admite între limitele 2 şi 8 m/sec.

b) pentru clădiri industriale se admite între 4 şi 12 m/sec.

Limitele superioare se referă la tronsoanele din vecinătatea ventilatorului.

4. A. Cristea („Bazele ventilaţiei industriale" tab. 9, p. 65): pentru instalaţii de ventilaţie sau aspiraţie de gaze se admite:

a) pentru construcţii civile, sociale şi comerciale, $v = 4 \div 6$ m/sec.

b) pentru construcţii industriale: $v = 8 \div 12$ m/sec.

Adoptarea vitezelor pe baza acestor recomandări este insuficientă din cauză că după cum vom vedea, factorii enumeraţi care determină viteza economică, variază în limite destul de mari şi de cele mai multe ori, vitezele astfel alese sînt departe de valoarea economică. In multe cazuri o verificare a costului anual al ventilaţiei arată că vitezele astfel alese implică un cost anual al ventilaţiei, care reprezintă de două ori valoarea optimă.

Prin procedeul adoptării vitezelor recomandate, se neglijează factorii determinanţi menţionaţi la punctele:

a) Costul unui m^2 de conductă de ventilaţie, măsurată desfăşurat este evident dependent de natura şi secţiunea conductelor. De exemplu, pentru conducta de tablă de diametri sub 1000 mm pentru conducte de zidărie, de tablă groasă ce suportă sarcini mecanice, conducte ce transportă aer cald, izolate termic, etc., costurile vor fi foarte diferite.

d) Numărul de ore anual de funcţionare.

Cu cît instalaţia are un număr de ore de funcţionare anual mai mare, cu atît vitezele economice sînt mai mici. Aceasta din cauza consumului de energie care, prin creşterea lui, schimbă raportul dintre valoarea amortizărilor şi a cheltuielilor de exploatare. Alta este valoarea vitezei economice pentru o instalaţie funcţionînd o sută de zile pe an, cu un singur schimb, şi alta este pentru o instalaţie funcţionînd trei sute zile pe an, cu

trei schimburi pe zi. Neglijarea acestui factor este una din principalele cauze de eroare în proiectarea curentă ;

e) Valoarea spațiului construit ocupat de conducte.

Această valoare, este neglijabilă față de valoarea conductei la diametrele mici și devine importantă la diametrele mari de oarece costul spațiului construit ocupat de conducte variază proporțional cu pătratul diametrului, pe cînd costul conductelor crește ceva mai repede decît proporțional cu diametrul.

Recomandarea vitezelor mari în transoanele din apropierea ventilatorului, față de aceea din tronsoanele terminale, se datorește în parte acestui fapt, și în parte creșterii lui λ cu debitul [1]).

După cum vom vedea, variația lui λ singură n-ar justifica aceste recomandări.

In general însă, la debite mici, nici primul factor nu are importanță, astfel că vitezele alese pe tronsoanele principale sînt în genere prea mari.

f) Cu cît suma rezistențelor locale este mai mare pe suta de metri liniari de conductă, cu atît costul energiei crește față de amortizarea investițiilor și vitezele economice devin mai mici. Neglijarea acestui factor este încă una din cauzele importante de eroare.

Cauza care ne-a hotărît să studiem această problemă a fost constatarea că vitezele adoptate la unele proiecte executate era diferită cu mult de valoarea optimă.

Această constatare am făcut-o utilizînd metode de cercetare simplificate și care nu luau în considerare toți factorii enunțați. Diferențele aflate erau atît de mari, încît nu puteau fi explicate prin erorile metodei.

Examinînd un număr mare de lucrări, am ajuns la concluzia că erorile în alegerea vitezei sînt frecvente și duc la pagube importante [2]).

4. OBIECTUL LUCRĂRII

Lucrarea de față cuprinde tratarea problemei pentru conductele interioare de tablă, dar metoda de lucru utilizată este valabilă și pentru conducte diferite de cele studiate, atît prin natura materialelor de execuție, cît și prin situația lor (ex. îngropate sau exterioare), cu condiția ca să se țină seama de dependența costului investițiilor de dimensiunile conductei, dependență ce este specifică naturii și situației conductei.

Se indică metode generale de lucru pentru toate cazurile ce se ivesc în practică.

Lucrarea se referă numai la conductele de ventilație și concluziile ce

---

1) Mai există problema ramificației terminale a traseului principal care va fi studiată separat și pe care vitezele eonomice sînt în general excepțional de mici din motive speciale.

2) Cele mai frecvente erori sînt în sensul vitezelor adoptate cu valori prea mari. Erorile de acest sens ajung pînă la un cost de trei ori cel optim. Aceasta se întîmplă mai ales la conductele interioare cu debite sub 15 m^3/sec., cu funcționare de lungă durată (300 zile pe an în trei schimburi) și cu rezistențe locale mari.

Adoptarea vitezelor prea mici este mai puțin gravă ca efect asupra costului anual al ventilației și mai puțin frecventă. Se întîlnește la instalații cu debite mari și cu un număr mic de ore de funcționare anual. De asemenea, în cazul conductelor ce suportă sarcini mecanice sau trebuie izolate.

se trag, nu pot fi aplicate şi la transportul pneumatic, unde problema trebuie tratată diferit.

Am stabilit formule pentru determinarea vitezii economice în cazuri particulare frecvent întîlnite şi o metodă de lucru simplă, aplicabilă în toate cazurile.

S-au calculat viteze economice corespunzînd actualei conjuncturi economice, pentru cazuri particulare frecvent întîlnite.

II. Determinarea vitezelor economice

5. DEFINIŢIA COSTULUI ANUAL AL VENTILAŢIEI ŞI A UNEI FUNCŢII AJUTĂTOARE DE CALCUL

Costul anual al ventilaţiei A cuprinde doi termeni care depind de viteză: A_e costul anual al energiei şi A_c amortizarea anuală a investiţiilor.

Vom studia variaţia funcţiei:

$$A = A_e + A_c = f(w) \tag{1}$$

funcţie care are o valoare minimă odată cu A.

A_e, costul anual al energiei electrice, este termenul care creşte atunci cînd valorile w ale vitezii aerului în conducte cresc. A_c, amortizarea anuală a investiţiilor, scade în general cu creşterea vitezei.

Într-adevăr dimensiunile conductelor se micşorează cînd se admit viteze mai mari, dar o parte din investiţii, totuşi cresc ca valoare odată cu viteza şi anume, costul motorului electric al ventilatorului şi al instalaţiilor pentru transportul şi distribuirea energiei electrice.

În general, această variaţie de cost este neglijabilă faţă de variaţia de cost a conductelor în cazul dimensionărilor corecte. Luarea ei în consideraţie duce în general la o micşorare a vitezelor economice stabilite.

6. EXPRESIA GENERALĂ A LUI A

Toate calculele se fac pentru conducte interioare de tablă pentru un Q m³/sec dat. Viteza economică este independentă de lungimea conductei. Vom raporta toate calculele la 100 m conductă.

Calculul expresiei lui A_e

Avem

$$A_e = \frac{a_c\, Q\, \Delta p\, \tau\, \gamma}{102\, \eta_t}, \tag{2}$$

unde a_c — costul unui kwh (lei/kwh), Q — debitul (m³/sec) Δp — pierderile de sarcină pe suta de metri de conductă (kg/m), τ — numărul de ore de funcţionare anual (ore/an) şi η_t — randamentul total al instalaţiei formată din produsul randamentelor ventilatorului, al motorului electric şi al reductorului sau transmisiunii, cînd este cazul. În prima aproximaţie se pot alege pentru η_t valori cuprinse între 0,45 şi 0,60 întîlnite la instalaţiile ce folosesc ventilatoare fabricate în ţară.

De asemenea

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{w^2 \gamma}{2g} + \Sigma \zeta \frac{w^2 \gamma}{2g} \tag{3}$$

unde λ — coeficient de rezistenţă, l — lungimea conductei, în cazul nostru 100 m, d — diametrul (m), w — viteza (m/sec), γ — greutatea specifică a

aerului (kg/m³), g — accelerația gravitației (m/sec²) și $\Sigma\zeta$ — suma rezistențelor locale pe 100 m conductă.

Viteza este $w = \frac{Q}{F}$ unde F este secțiunea conductei (m²).

Pentru conductele principale avem relația:

$$w = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \tag{4}$$

de unde:

$$d = 2\, Q^{1|2}\, \pi^{1|2}\, w^{-1|2}\,, \tag{5}$$

$$\Delta p = \frac{\lambda\, l\, \gamma}{4g\sqrt{\frac{Q}{\pi}}}\; w^{5|2} + \Sigma\zeta \frac{\gamma}{2g} w^2\,. \tag{6}$$

Pentru $l = 100$ m expresia generală a lui A_e este:

$$A_e = \frac{a_c\, Q\, \tau\, \gamma}{102\, \eta_t\, 2g} \left(\frac{\pi^{1|2}\, 100\, \lambda}{2\, Q^{1|2}}\, w^{5|2} + \Sigma\zeta\, w^2 \right). \tag{7}$$

Notăm:

$$K_1 = \frac{a_c\, Q^{1|2}\, \tau\, \gamma\, \pi^{1|2}\, \lambda}{4{,}08\, \eta_t\, g}\,, \tag{8}$$

$$K_2 = \frac{a_c\, Q\, \tau\, \gamma\, \Sigma\zeta}{102\, \eta_t\, 2g} \tag{9}$$

și atunci

$$A_e = K_1\, w^{5|2} + K_2\, w^2\,. \tag{10}$$

După cum se observă constantele K_1 și K_2 sînt determinate dacă se cunosc: a_e, Q τ, η_t și $\Sigma\zeta$.

Calculul expresiei lui A_c.

$$A_c = A'_c + A''_c + A'''_c \tag{11}$$

Am notat prin A'_c — amortizarea anuală a conductelor, A''_c — amortizarea anuală a costului spațiului construit ocupat de conducte și A'''_c — amortizarea anuală a instalațiilor centrale formate din: ventilator, motor electric și instalațiile electrice de transport și distribuție a energiei consumate.

Variația acestui ultim termen (A'''_c) cu viteza aleasă este în genere neglijabilă față de aceea a costului conductelor. În calculele noastre vom neglija acest termen. Introducerea acestui termen duce la valori mai mici dar foarte apropiate de valorile ce urmează să le stabilim pentru vitezele economice. În genere eroarea nu este importantă dacă ne referim la efectul asupra lui A. Totuși la rețele cu conducte scurte și rezistențe locale mari, trebuie luate în considerație și acest termen. Vom da separat indicații speciale asupra modului cum trebuie procedat în acest caz.

Amortizarea anuală a conductelor A'_c este dată de relația

$$A'_c = a'_c\, \pi\, 100\, d \tag{12}$$

unde a'_c este amortizarea anuală a unui m² de conductă (lei/m² an).

Trebuie însă ales modul de execuţie al conductei, pentru a se cunoaşte preţul unitar. Aceasta implică o cunoaştere aproximativă a diametrului şi deci a vitezei. Lucrul acesta este întotdeauna posibil pentru proiectanţii cu oarecare experienţă, de oarece aprecierea necesară este aici foarte largă [1]).

Ţinînd seama de (5) rezultă că

$$A'_c = 200\ a'_c\ \pi^{1|2}\ Q^{1|2}\ w^{-1|2}. \tag{13}$$

Notăm

$$K_3 = 200\ a'_c\ \pi^{1|2}\ Q^{1|2} \tag{14}$$

şi atunci

$$A'_c = K_3\ w^{-1|2}. \tag{15}$$

Amortizarea anuală a spaţiului construit ocupat de conducta A''_c.

La conductele interioare de diametre mari, trebuie să se ia în considerare faptul, că mărimea conductelor influenţează mărimea construcţiilor şi deci trebuie amortizat şi costul spaţiului construit suplimentar, ocupat de conducte. De exemplu: la conductele cilindrice cu $\varnothing = 500$ mm, costul spaţiului construit ocupat de secţiunea întregită, la forma pătrată este de 1/6 din costul conductei; la cele de 1000 mm, de 1/3 şi la acele de 2000 mm, de 2/3, valori aproximative calculate la preţurile zilei. Aşa că:

$$A''_c = \alpha\ a''_c\ 100\ d^2 \tag{16}$$

unde a''_c — amortizarea anuală a unui m³ construit, $100\ d^2$—volumul ocupat de conducte, întregit la secţiunea pătrată şi α un coeficient care trebuie stabilit prin apreciere, ţinînd seama de situaţia conductelor în interiorul construcţiilor.

Pentru halele industriale înalte, unde prezenţa conductelor nu aduce complicaţii constructive speciale, α poate fi adoptat egal cu unitatea. Cînd dimensiunile construcţiei sînt impuse şi de alte considerente şi conductele nu supără cu nimic, α poate fi adoptat egal cu zero şi A''_c scos din expresia lui A. In alte situaţii, α poate fi supraunitar. In genere aprecierea lui α cere o deosebită atenţie, cunoaşterea tuturor instalaţiilor ce se proiectează şi a proceselor tehnologice ce se desfăşoară în spaţiul construit.

Ţinînd seama de $d^2 = 4\ Q\pi^{-1}w^{-1}$ atunci

$$A''_c = \alpha\ a''_c\ 400\ Q\pi^{-1}w^{-1}. \tag{17}$$

Notăm

$$K_4 = \alpha a''_c 400\ Q\pi^{-1} \tag{18}$$

atunci

$$A''_c = K_4\ w^{-1}.$$

---

1) O eroare de 50% asupra vitezei, produce o eroare de 22% asupra diametrului şi de cele mai multe ori nu implică schimbarea categoriei de conducte; astfel calculul preliminar poate rămîne definitiv.

Dacă neglijăm A'''_c avem

$$A_c = A'_c + A''_c, \tag{19}$$

$$A_c = 200\ a'_c\ \pi^{1|2}\ w^{-1|2} + a\ a''_c\ 400\ \pi^{-1}\ Q\ w^{-1}, \tag{20}$$

$$A_c = K_3\ w^{-1|2} + K_4\ w^{-1}. \tag{21}$$

Expresia generală pentru costul anual al ventilației este dat de

$$A_c = K_1\ w^{1|2} + K_2\ w^2 + K_3\ w^{-1|2} + K_4\ w^{-1}, \tag{22}$$

unde K_1, K_2, K_3 și K_4 au valorile date de (8), (9), (14) și (18).

Nu se poate găsi o expresie a vitezei economice w_0 în funcție de coeficienții K_1, K_2, K_3 și K_4 în cazul general al funcției A. Cunoașterea formei acestei funcții, permite însă stabilirea unei metode de lucru pentru determinarea valorii vitezii economice. Această metodă de lucru, care este simplă și ușor de aplicat, va fi indicată mai departe. Inainte de aceasta vom indica situații ce se ivesc curent în practică pentru care A are forme mai simple și pentru care se pot calcula expresii ale lui w_0 în funcție de coeficienții K_1, K_2, K_3 și K_4.

7. CAZUL CONDUCTELOR LA CARE TREBUIE NEGLIJAT COSTUL SPAȚIULUI CONSTRUIT OCUPAT, IAR REZISTENȚELE LOCALE SÎNT NEGLIJABILE

In practică se ivesc multe situații în care este logic să se neglijeze costul spațiului construit ocupat de conducte, de exemplu:

a) la conductele cu diametri sub 500 mm, costul spațiului ocupat poate fi neglijat față de costul conductelor;

b) la conductele din construcțiile industriale care au o înălțime mare impusă de alte considerente (ventilație naturală adițională, spațiu de manevră, degajări mari de căldură, volumul clădit impus de numărul de schimburi orar de aer, etc.);

c) în general, în toate situațiile, unde vom constata că o mărire a diametrilor conductelor nu influențează costul construcțiilor și nu aduce alte prejudicii.

In toate aceste situații, în expresia $A = f(w)$ trebuie suprimat termenul A''_c.

In ceea ce privește rezistențele locale, trebuie precizat întîi, că interesează numai acele rezistențe locale, în care viteza aerului este obligator aceeași sau proporțională cu aceea din porțiunile de conducte drepte. De exemplu: coturile, coufuzoarele, difuzoarele, rezistențele din ramificații, etc. Nu intervin rezistențele întîmpinate în bateriile de încălzire, filtre, camere de amestec, camere de umidificare, etc., unde viteza este diferită și independentă de viteza din conducte.

Pentru conductele la care pierderile de sarcină din rezistențele locale sînt o fracțiune neglijabilă, putem neglija termenul $K_2 w^2$.

In cazul acesta, expresia lui A devine:

$$A = K_1\ w^{5|2} + K_3\ w^{-1|2} \tag{23}$$

și

$$\frac{dA}{dw} = \frac{5}{2}\ K_1\ w^{3|2} - \frac{1}{2}\ K_3\ w^{-3|2}.$$

Derivata efectuată în acest fel, implică K_1 constant în raport cu w_1, ceea ce ne conduce la λ constant în raport cu w la $Q = \text{const.}$ Această ipoteză nu este riguros exactă şi consecinţele practice vor fi analizate mai departe. Menţionăm deocamdată că variaţia lui λ cu viteza, la $Q = \text{const.}$ este atît de lentă încît erorile ce decurg din această ipoteză sînt practic neglijabile.

Condiţia $\frac{dA}{dw} = 0$, determină viteza optimă căreia îi corespunde costul anual al ventilaţiei şi valoarea lui $A = f(w)$ minim. Notăm cu w_0 viteza optimă:

$$\frac{5}{2} K_1 w_0^{3/2} = \frac{1}{2} K_3 w_0^{-3/2}$$

de unde:

$$w_0 = \sqrt[3]{\frac{K_3}{5 K_1}}, \tag{24}$$

sau ţinînd seama de (8) şi (14) cu $g = 9{,}81$ m/sec^2 şi $\gamma = 1{,}2$ kg/m^3

$$w_0 = 11{,}7 \sqrt[3]{\frac{\eta_t \, a'_c}{\tau \lambda \, a_0}}. \tag{25}$$

Observăm că această relaţie stabileşte pentru w_0 o valoare independentă de debit, cel puţin în mod direct.

In realitate, fiindcă λ scade cu diametrul foarte încet, w_0 creşte odată cu diametrul şi deci odată cu debitul.

Formulele empirice pentru λ sînt de forma

$$\lambda \approx C \, d^{-1/3}$$

şi cum la aceeaşi viteză $Q = c' \, d^2$, $\lambda \approx c'' \, Q^{-1/6}$ iar

$$w_0 = C''' \, Q^{1/18}. \tag{26}$$

(Această variaţie lentă a lui w_0 cu Q, ar putea explica în parte faptul de ce se recomandă viteze mai mari în apropierea ventilatorului unde debitele sînt mai mari, fără a justifica însă practica curentă).

La debit constant, λ depinde de viteză:

$$\lambda \approx C^{IV} \, w^{1/6}. \tag{27}$$

Deci în expresia $A = f(w) = K_1 w^{5/2} + K_3 w^{-1/2}$, K nu este riguros o constantă.

Cînd am stabilit valoarea lui w_0, am derivat funcţia A în raport cu w considerînd pe K_1 constant în raport cu w. Variaţia lui K_1 este însă lentă, astfel că eroarea introdusă este fără consecinţe practice. Acest lucru a fost verificat şi el apare foarte clar şi din reprezentările ce s-au făcut pentru funcţiile A, A_c şi A_e, în aceste ipoteze, (diagramele nr. 1, 2, 3, 4 şi 5).

In aceste diagrame:

Curba $A_c = f(w)$ reprezintă amortizarea anuală pentru 100 m conductă de tablă la preţul zilei, în ipoteza unei amortizări anuale de 5% din cost.

Curba $A_e = f(w)$ reprezintă costul energiei consumate anual calculat cu formula $A_c = K_1 w^{5|2}$. S-a socotit $a_c = 0{,}5$ lei kwh. Pierderile de sarcină determinate cu ajutorul tabelelor H. Rietschel („Traité de chauffage et de ventilation") sau cu ajutorul diagramei din A. Cristea („Bazele ventilației industriale"), pentru o viteză aleasă arbitrar, au folosit la calcularea lui K_1 din relația $K_1 = A_e w^{-5|2}$ și la determinarea unui punct al curbei. Restul curbei se trasează folosind relația $A_e = K_1 w^{5|2}$; aceasta implică ipoteza lui K_1 și deci a lui λ constant.

τ a fost socotit egal cu 7200 ore pe an, adică 24 ore pe zi, 300 zile pe an funcționare.

Curba $A'_c = f(w)$ reprezintă costul real al energiei, ținînd seama de valoarea reală a pierderilor de sarcină (determinate cu ajutorul tabelelor sau diagramelor). Se constată că cele două curbe diferă puțin datorită variației lui λ. Ele se confundă evident în punctul arbitrar ales ca bază de calcul pentru K_1.

Curba $A = f(w)$ reprezintă ecuația $A = A_e + A_c = f(w)$.

Curba $A' = f(w)$ reprezintă ecuația $A' = A'_e + A_c = f(w)$.

Cele două curbe diferă evident puțin, dar important este că vitezele w_0 și w'_0 care stabilesc minimele, diferă cu mai puțin de 7% și pe curba reală $A' = f(w)$, valoarea lui A' ce corespunde lui w_0, este practic aceeași cu cea corespunzătoare lui w'_0. Deci costul anual al ventilației va fi același, independent de metoda aleasă pentru determinarea vitezii economice w_0.

Valoarea calculată pentru viteza economică w_0 cu ajutorul relației $w_0 = \sqrt[3]{\frac{K_3}{5 K_1}}$ coincide în limita erorilor grafice, cu valoarea w_0, stabilită grafic, după cum era de așteptat.

În concluzie, ipoteza făcută asupra lui λ și K_1, este justificată, căci rezultatele nu sînt alterate și expresia de calcul a lui w_0 este astfel mai simplă.

Din cele expuse, se poate desprinde o metodă pentru determinarea vitezii economice în cazul conductelor ce corespund ipotezelor făcute, utilizînd relația (25). Valoarea lui λ este bine să fie aleasă în preajma valorilor vitezelor presupuse economice.

La verificarea unui proiect sau a unei lucrări executate, putem determina valoarea vitezii optime cu relația (24) calculînd valorile lui K_3 și K_1, din:

$$K_3 = A_c w^{1|2}, \tag{28}$$

$$K_1 = A_e w^{-5|2}. \tag{29}$$

Valorile A_c și A_e sînt în acest caz cunoscute din datele proiectului sau pot fi ușor calculate.

8. OBSERVAȚII ASUPRA RELAȚIILOR STABILITE

Relația (25) și diagramele trasate ne permit să tragem o serie de concluzii:

a. Influența numărului de ore de funcționare anual asupra vitezii economice. Observăm că w_0 este invers proporțional cu $\tau^{1|3}$. De exemplu: la instalațiile de condiționare în filaturi care funcționează cu trei schimburi 300 zile/an din 9200 ore/an, viteza economică va fi cca 1/2 din cea dintr-o

instalaţie de ventilaţie pentru evacuarea căldurii din timp de vară, instalaţie care lucrează cca 800 ore/an, acestea păstrînd toate celelalte condiţii egale.

b. a'_c este mai mare la diametri mari deci, avem încă o cauză în afară de scăderea lui λ cu Q, care face ca w_0 să fie mai mare la debite mai mari.

c. Din observarea diagramelor reiese că o eroare de $15 \div 25\%$ asupra valorii vitezii alese, nu are mare importanţă, curbele $A = f(w)$ fiind destul de plate în jurul minimului. Erorile mai grave în ce priveşte consecinţele, sînt acele care se fac alegînd viteze prea mari, de oarece ramura cu derivată pozitivă, ce corespunde situaţiei $w > w_0$, $\frac{dA}{dw} > 0$, are o pantă mai mare.

Din diagrama 6 se vede că atunci cînd avem rezistenţe locale mari ($\Sigma\zeta = 10 \div 20/100$ m conductă) curba este mai puţin plată în jurul minimului şi deci trebuie să alegem viteza cu ajutorul unui criteriu cît mai exact. De exemplu, pentru $\Sigma\zeta = 20$, o eroare de 25% în plus asupra vitezii $w = 1{,}25 \cdot 1{,}96 = 2{,}45$ m/sec, ne duce la un cost anual al ventilaţiei de 8550 lei în loc de 8250 lei/an şi 100 m conductă, adică la o pagubă de 300 lei/an pentru fiecare 100 m conductă din reţea.

In orice caz, soluţiile cu un plus sau un minus asupra valorii vitezii de 25%, sînt admisibile. Cele cu 25% în plus corespund unei tendinţe de micşorare a investiţiilor şi unei cheltuieli suplimentare de energie anuale neeconomice dar admisibile în unele situaţii speciale ca aceea creată de un fond de investiţii limitat, lipsă de materiale, etc.

In concluzie, în criteriile noastre de calcul este inutil să căutăm o precizie mai mare decît aceea de $10 \div 15\%$. In lucrarea prezentată am preferat criteriile mai uşor de aplicat, care permit o proiectare mai rapidă chiar dacă sînt afectate de erori de acest ordin de mărime, altora mai exacte dar mai greu de folosit.

d. Relaţia $w = \sqrt[3]{\frac{K_3}{5 K_1}}$ o putem folosi şi în cazul conductelor cu rezistenţe locale mici. Eroarea produsă este mai mică dacă

$$\frac{K_1 w^{5|2}}{K_2 w^2} \geq 1{,}25. \tag{30}$$

Raportul $\frac{K_1 w^{5|2}}{K_2 w^2} = \lambda Q^{-1|2} w^{1|2} (\Sigma\zeta)^{-1}$ este aproximativ egal cu 1 cînd:

$Q = 10^8$/sec, $w = w_0$, $\Sigma\zeta = 1$ (v. diagrama 8).

Astfel condiţia (30), este aproximativ îndeplinită dacă:

$$\frac{\sqrt{10}}{\sqrt{Q}\,\Sigma\zeta} \geq 1{,}26 \qquad \text{sau} \qquad \frac{\sqrt{Q}\,\Sigma\zeta}{\sqrt{10}} \leq 0{,}8. \tag{31}$$

In acest caz, dacă calculăm cu relaţia:

(32) $$w_0 = \sqrt{\frac{K_3}{5(K_1 + K_2)}}$$

eroarea comisă asupra lui w_0 este practic fără importanță.

Observăm că în acest caz, am admis în expresia lui A, costul energiei pierdute anual în porțiunile de conducte fără rezistențe locale, proporționalitate cu w^2 în loc de $w^{5|2}$.

(33) $$A = (K_1 + K_2)\, w^2 + K_3\, w^{-1|2}$$

în loc de $A = K_1\, w^{5|2} + K_2\, w^2 + K_3\, w^{-1|2}$.

Cum $K_1\, w^{5|2} < K_2\, w^2$, eroarea comisă este fără importanță practică. De exemplu: pentru $Q = 5$ m/sec, $\Sigma\zeta = 1$, $w_0 = 3{,}9$ m/sec (v. diagrama 6) $\sqrt{\frac{Q}{10}\Sigma\zeta} = \sqrt{\frac{5}{10}} \cdot 1 = 0{,}706 < 0{,}8$.

Valoarea calculată cu relația propusă este:

$$w_0 = \sqrt[3]{\frac{K_3}{5(K_1 + K_2)}} = \sqrt[3]{\frac{7920}{5(11{,}55 + 21{,}6)}} = 3{,}72 \text{ m/sec.}$$

Diferența este fără importanță, A având practic aceeași valoare pentru ambele valori ale lui w_0.

9. CAZUL REZISTENȚELOR LOCALE IMPORTANTE CÎND VALOAREA SPAȚIULUI CONSTRUIT OCUPAT DE CONDUCTE ESTE NEGLIJABILĂ

In acest caz vom distinge două situații:

a. In expresia:

$$A = K_1^{5|2} + K_2\, w^2 + K_3\, w^{-1|2}$$

$K_1 w^{5|2}$ și $K_2 w^2$ sînt de valori apropiate: $1{,}25 > \frac{K_1\, w^{5|2}}{K_2\, w^2} > 0{,}5$.

In acest caz avem aproximativ:

(34) $$0{,}8 < \sqrt{\frac{Q}{10}\Sigma\zeta} < 2$$

și scriind în loc de $A = K_1\, w^{5|2} + K^2\, w^2 + K_3\, w^{-1|2}$

(35) $$A = (K_1 + K_2)\, w^{2{,}25} + K_3\, w^{-1|2}$$

obținem:

$$\frac{dA}{dw} = 2{,}25\ (K_1^{\cdot} + K_2)\ w^{1{,}25} - \frac{K_3}{2}\, w^{-3|2} = 0$$

cînd

(36) $$w_0 = \left[\frac{K_3}{4{,}5\,(K_1 + K_2)}\right]^{0{,}364}.$$

Evident această relație nu este justificată decît dacă o verificăm și constatăm că valorile lui w_0 calculate cu ea, nu diferă prea mult de valorile adevărate.

Această verificare a fost făcută şi erorile sînt mici chiar dacă se depăşesc graniţele de aplicare impuse de criteriul (34).

b. Situaţia a doua, cînd în relaţia $A = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2 + K_3 w^{-1|2}$, $K_2 w^2 > 2 K_1 w^{5|2}$.

Atunci:

$$\frac{K_1 w^2}{K_2 w^{5|2}} \geq 2 \tag{37}$$

$$\sqrt{\frac{Q}{10}} \Sigma \zeta \geq 2 . \tag{38}$$

In acest caz putem scrie:

$$A \approx (K_1 + K_2) w^2 + K_3 w^{-1|2}, \tag{39}$$

$$\frac{dA}{dw} \approx 2 (K_1 + K_2) w - \frac{K_3}{2} w^{-3|2} ,$$

$$w_0 \approx \left[\frac{K_3}{4 K_1 + K_2}\right]^{2|5} . \tag{40}$$

In acest caz, valorile calculate cu relaţia (40) au fost comparate cu valorile exacte ale vitezii economice şi găsite suficient de apropiate.

10. DETERMINAREA VITEZEI ECONOMICE CÎND ŢINEM SEAMA ŞI DE VALOAREA SPAŢIULUI CONSTRUIT OCUPAT DE CONDUCTE

In acest caz:

$$A = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2 + K_3 w^{-1|2} + K_4 w^{-1}$$

şi determinarea vitezii economice, se face prin metoda de lucru pe care o expunem în continuare, metodă care are un caracter general, în sensul că se poate aplica şi în situaţiile precedente dînd rezultate mai precise.

Alegem în mod arbitrar o viteză w_1 în zona presupusă a vitezelor economice. Cu această viteză se calculează 100 m conductă cu $\Sigma \zeta$ corespunzînd situaţiei analizate; se evaluează costul ei şi costul spaţiului ocupat de conducte, adoptînd valoarea lui α din relaţia (16). Se evaluează amortizările anuale ale lui A'_c şi A''_c.

Se calculează separat pierderea de energie anuală şi costul ei atît în rezistenţele locale cît şi în conductele drepte.

Avem: $A = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2 + K_3 w^{-1}$; notăm $A_e = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2 = A'_e + A''_e$. Valorile $A'_e = K_1 w_1^{5|2}$, $A''_e = K_2 w_1^2$, $A'_c = K_3 w_1^{-1|2}$, $A''_c = K_4 w_1^{-1}$ sînt astfel cunoscute pentru valoarea vitezii w_1 aleasă.

Calculăm constantele $K_1 = A'_e w_1^{-5|2}$, $K_2 = A''_e w_1^{-2}$, $K_3 = A'_c w_1^{1|2}$, $K_4 = A''_c w_1$. Constantele fiind cunoscute, trasăm curbele $A'_e = f(w)$, $A''_e = f(w)$ şi $A''_c = f(w)$, calculînd valorile funcţiilor pentru valori ale vitezii ce se succed, pentru o bună precizie, în progresie aritmetică cu raţia 0,2 m/sec; aceasta cel puţin în zona valorilor vitezii economice.

Adunînd ordonatele celor patru curbe obţinem funcţia $A = A'_e + A''_e + A'_c + A''_c = f(w)$ şi-i determinăm valoarea minimă şi viteza corespunzătoare w_0.

Menţionăm că aceasta a fost metoda folosită de noi pentru diagramele din lucrarea de faţă şi că valorile vitezelor economice determinate

precis cu ea ne-au permis să verificăm valabilitatea formulelor aproximative propuse pentru determinarea valorilor lui w_0, în cazurile particulare tratate anterior.

Luarea în considerare a spațiului construit duce la o creștere a lui w_0 care poate să ajungă pentru diametri mari (2 m) și pentru valori mari ale lui ($\alpha = 3 \div 4$) pînă la 40% din valoarea sa.

III. Probleme speciale și concluzii

11. INFLUENȚA VARIAȚIEI DE COST A GRUPULUI ȘI INSTALAȚIILOR CENTRALE CU VITEZA

Dacă vitezele alese sînt mai mici, atunci $\Delta p = C_1 w^{5|2} + C_2 w^2$ este mai mic, costul energiei consumate anual $A_e = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2$ este scăzut în aceeași proporție, dar și putința instalată în centrală este micșorată.

Să notăm puterea calculată a motorului electric cu N_1 pentru o viteză w_1 și cu N_2 pentru o altă viteză w_2.

Atunci

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{K_1 w_2^{5|2} + K_2 w^2_2}{K_1 w_1^{5|2} + K_2 w_1^2}.$$

Costul motorului electric al ventilatorului și al instalațiilor aferente variază odată cu aceste valori.

Deci în afară de investițiile făcute în conducte care cresc atunci cînd scade viteza, avem aceste investiții centrale care scad atunci cînd proiectăm cu viteze mai mici. Efectul va fi întotdeauna o scădere a vitezelor economice.

Standardizarea motoarelor electrice și a ventilatoarelor ne obligă la o alegere a acestui utilaj central variind prin salturi.

In mod curent după ce se stabilește viteza economică și se proiectează, printr-un calcul preliminar rețeaua, se alege ventilatorul standard, cel mai apropiat de perechea de valori Q, H stabilite. In calculul definitiv se modifică vitezele astfel încît căderea de presiune în rețea să corespundă cu presiunea furnizată de ventilatorul respectiv, la randament de funcționare optim.

Adoptarea ventilatorului, ținînd seama de considerentele expuse, trebuie făcută de preferință coborînd la tipul imediat inferior ca presiune și corespunzînd ca debit cu valoarea din calculul preliminar. Acest mod de a alege, este obligator într-o proiectare corectă de cîte ori costul ventilatorului este peste $^1/_3$ din costul rețelei, chiar dacă ventilatorul cu H imediat superior, este mult mai apropiat (dacă bineînțeles ambele ventilatoare sînt de aceeași calitate, de același randament și cu același cost specific).

12. CONCLUZII

Dacă analizăm prin metodele puse la îndemînă de acest studiu lucrările existente efectuate recent și proiectele curente, vom constata că vitezele obișnuit adoptate în rețelele de ventilație sînt neeconomice și produc pierderi anuale însemnate.

Scopul acestui studiu va fi atins dacă de aici înainte această problemă va fi tratată cu mai multă precizie.

In tratarea acestei probleme ne-a călăuzit obiectivul de a pune la îndemîna proiectanţilor criterii uşor de aplicat, care să dea pentru viteza economică valori practic valabile.

Problema poate fi tratată mai riguros decît apare din lucrare şi noi am făcut numeroase încercări care stabileau rezultate mai precise, înainte de a ne opri la forma aceasta.

De exemplu :

a. Puteam ţine seama de variaţia lui λ cu w la debit constant ; acest fapt măreşte precizia teoretică a expesiei lui w_0, dar creşterea preciziei este absolut inutilă şi relaţiile obţinute sînt mai puţin practice.

b. a'_c variază cu diametrul şi cu viteza ; se poate stabili legea acestei variaţii sub forma unei relaţii empirice şi introduce această relaţie în calcule. Expresia ce se obţine astfel pentru $A = f(w)$ nu mai permite calcularea lui w, decît făcînd noi aproximaţii şi forma ce se capătă final pentru expresia lui w_0, este mai puţin practică.

c. Valorile date pentru $\sqrt{\frac{Q}{10}}\Sigma\zeta$, care stabilesc limitele domeniilor de aplicare ale diverselor expresii ale vitezii economice, nu determină riguros valorile raportului $K_2 w^2 / K_1 w^{5|2}$, dar acest fapt nu produce erori apreciabile. Erorile date de formulele propuse pentru calcularea lui w_0, sînt sub $10^0/_0$ chiar dacă aplicăm aceste formule în afara limitelor stabilite, O eroare de $10^0/_0$ asupra vitezii adoptate modifică extrem de puţin costul ventilaţiei.

d. Relaţia $w = \sqrt[3]{\frac{K_3}{5(K_1 + K_2)}}$ determină valoarea vitezii care face minimă funcţia $(K_1 + K_2)\, w^{5|2} + K_3\, w^{-1|2} = f(w)$ în loc de funcţia $A = K_1 w^{5|2} + K_2 w^2 + K_3 w^{-1|2} = f(w)$ dar valorile vitezii care fac minime aceste două funcţii sînt foarte apropiate în condiţiile de aplicare a relaţiei respective.

Toate aproximaţiile făcute au avut drept scop stabilirea unor relaţii cît mai uşor apreciabile, verificînd întotdeauna ca erorile produse să fie fără consecinţe practice.

Consideraţiile teoretice, metoda de lucru indicată şi criteriile stabilite sînt permanent valabile, valorile calculate numeric, diagramele prezentate pentru ilustrarea metodei sînt valabile numai în condiţiile economice care au stat la baza lucrării.

Desigur metoda de calcul stabilită poate fi îmbunătăţită, eventual se pot obţine relaţii de calcul mai simple şi mai unitare. Acest lucru va apare în cursul aplicării ei curente. Rugăm pe cei ce o vor folosi să ne comunice observaţiile lor.

Laboratorul de Hidraulică

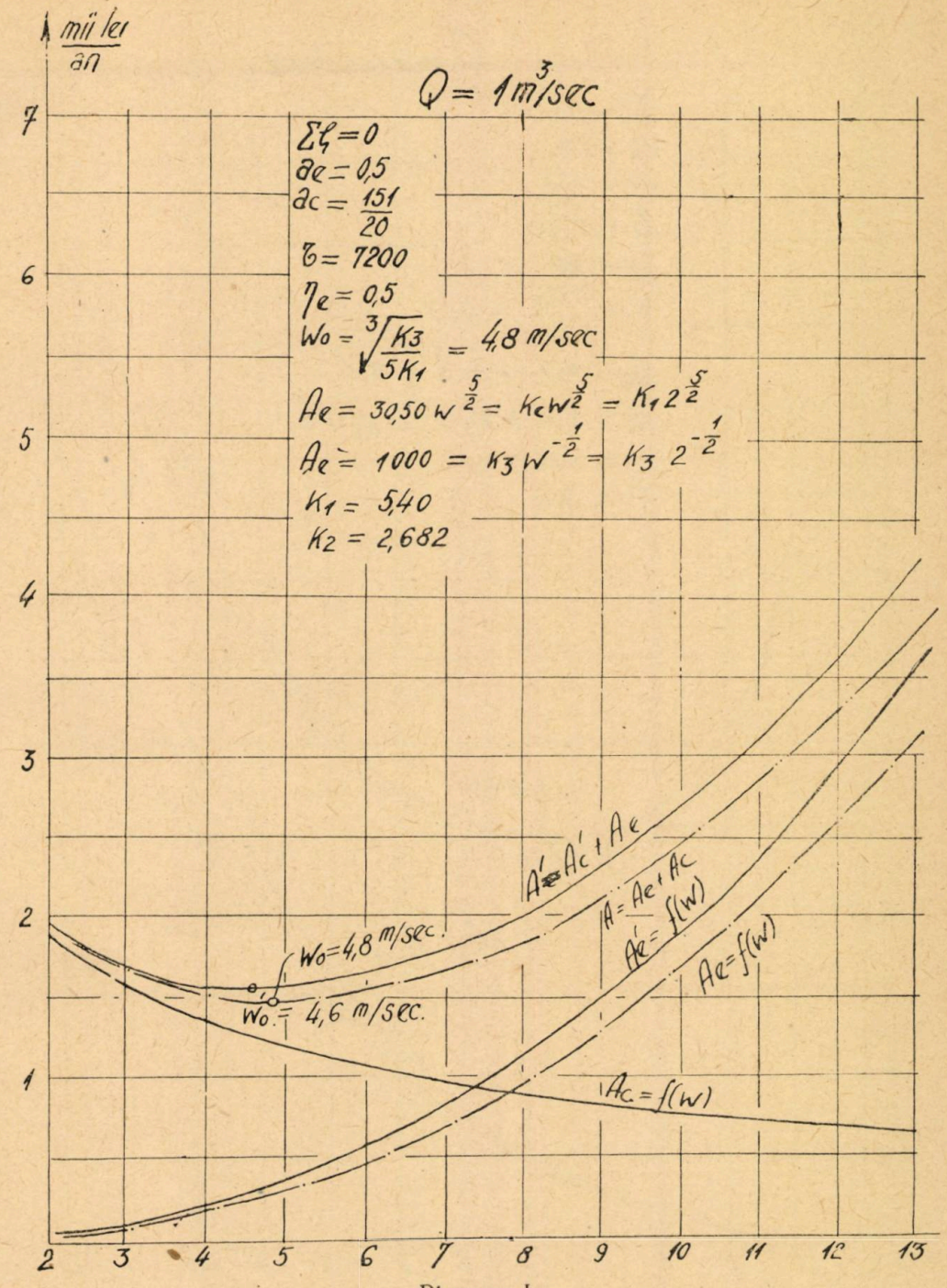

mii lei / an
Q = 1 m³/sec
Σζ = 0
ae = 0,5
ac = 151/20
τ = 7200
ηe = 0,5
Wo = ∛(K3/5K1) = 4,8 m/sec
Ae = 30,50 w^5/2 = Kc w^5/2 = K1 2^5/2
Ae = 1000 = K3 w^-1/2 = K3 2^-1/2
K1 = 5,40
K2 = 2,682
A' = Ac' + Ae
A = Ae + Ac
Ac' = f(w)
Ae = f(w)
Wo = 4,8 m/sec.
Wo = 4,6 m/sec.
Ac = f(w)
7
6
5
4
3
2
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Diagrama I.

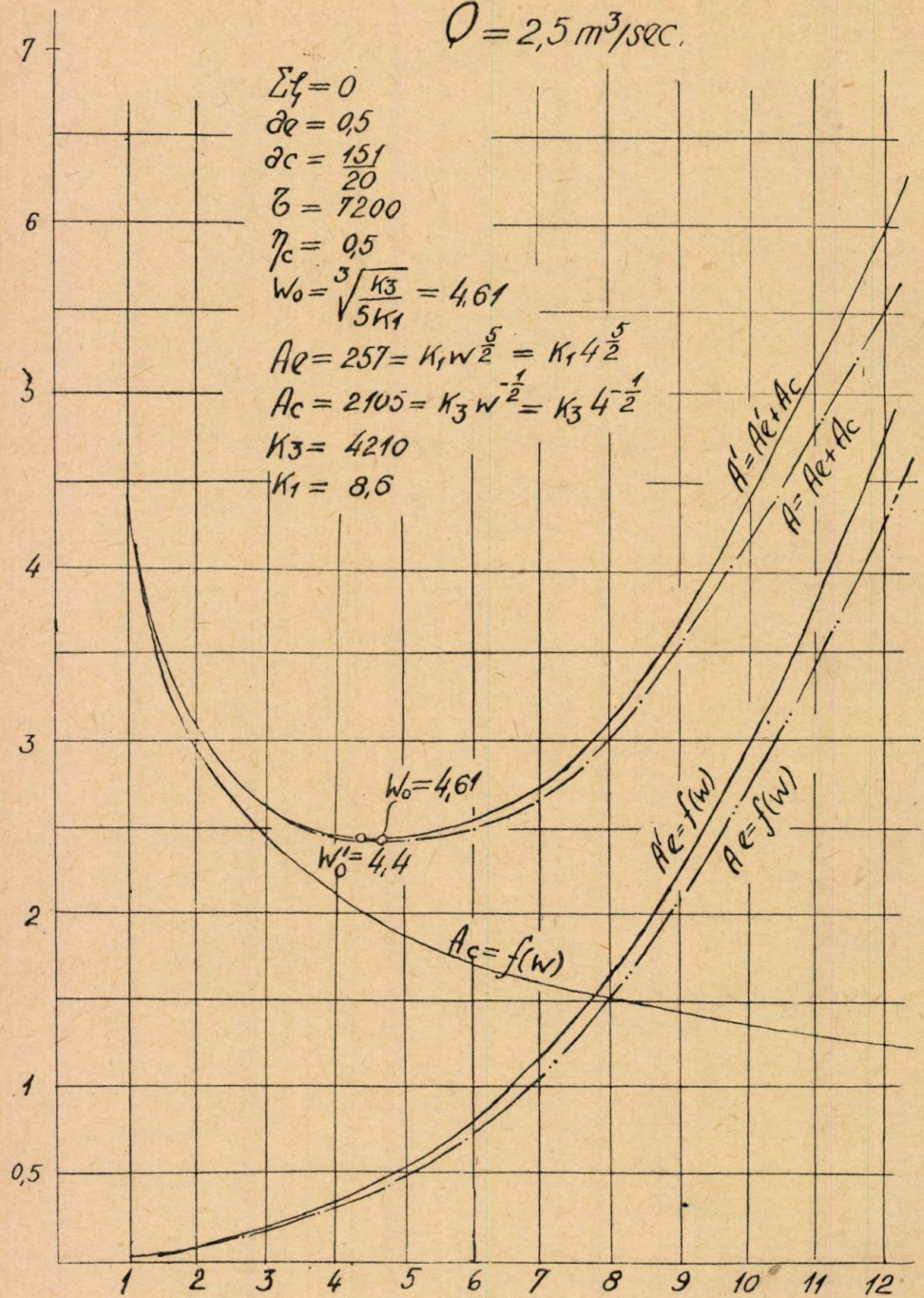

Q = 2,5 m³/sec.
Σζ = 0
∂e = 0,5
∂c = 151/20
G = 7200
ηc = 0,5
W0 = ∛(K3/5K1) = 4,61
Ae = 257 = K1 w^5/2 = K1 4^5/2
Ac = 2105 = K3 w^-1/2 = K3 4^-1/2
K3 = 4210
K1 = 8,6
A' = Ae + Ac
A = Ae + Ac
W0 = 4,61
W0' = 4,4
Ac = f(w)
A'e = f(w)
Ae = f(w)
7
6
5
4
3
2
1
0,5
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Diagrama II.

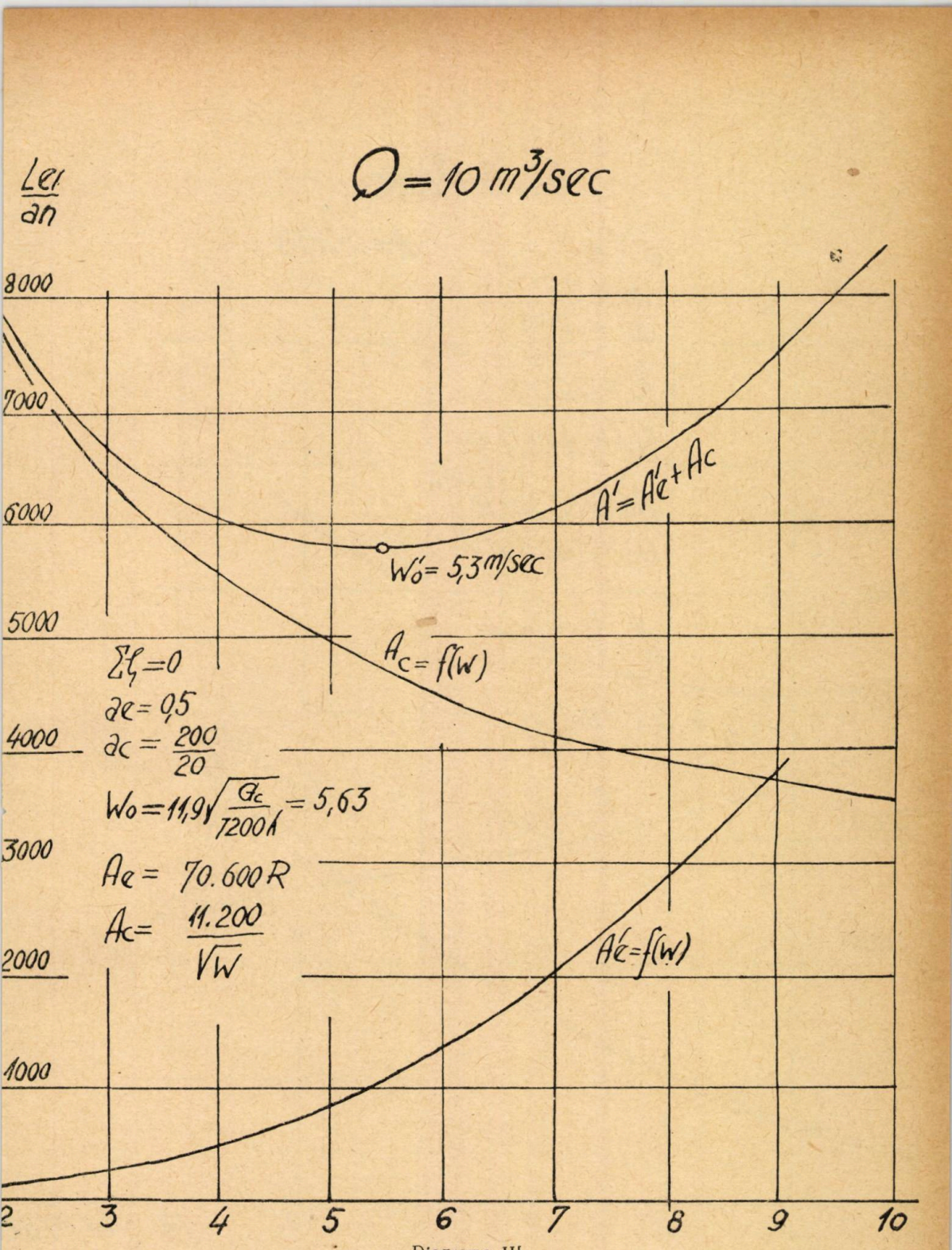


Diagrama III.

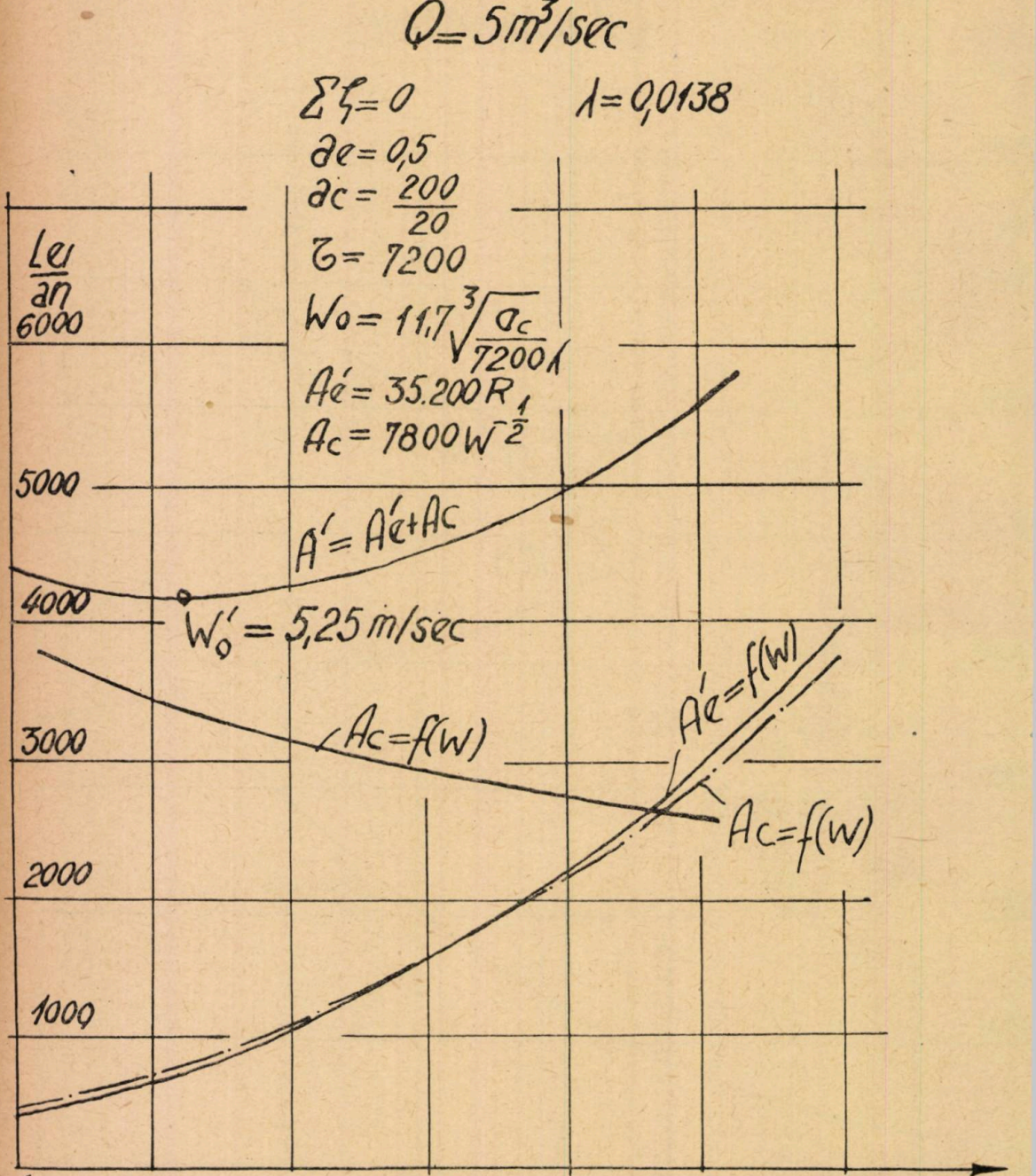

Q = 5 m³/sec
Σζ = 0
λ = 0,0138
∂e = 0,5
∂c = 200/20
C = 7200
W₀ = 11,7 ∛(∂c/7200λ)
Aé = 35.200 R^1/2
Ac = 7800 W^-2
Lei/an
6000
5000
4000
3000
2000
1000
A' = Aé + Ac
W₀' = 5,25 m/sec
Ac = f(W)
Aé = f(W)
Ac = f(W)
4
5
6
7
8
9
10
W m/se

Diagrama IV.

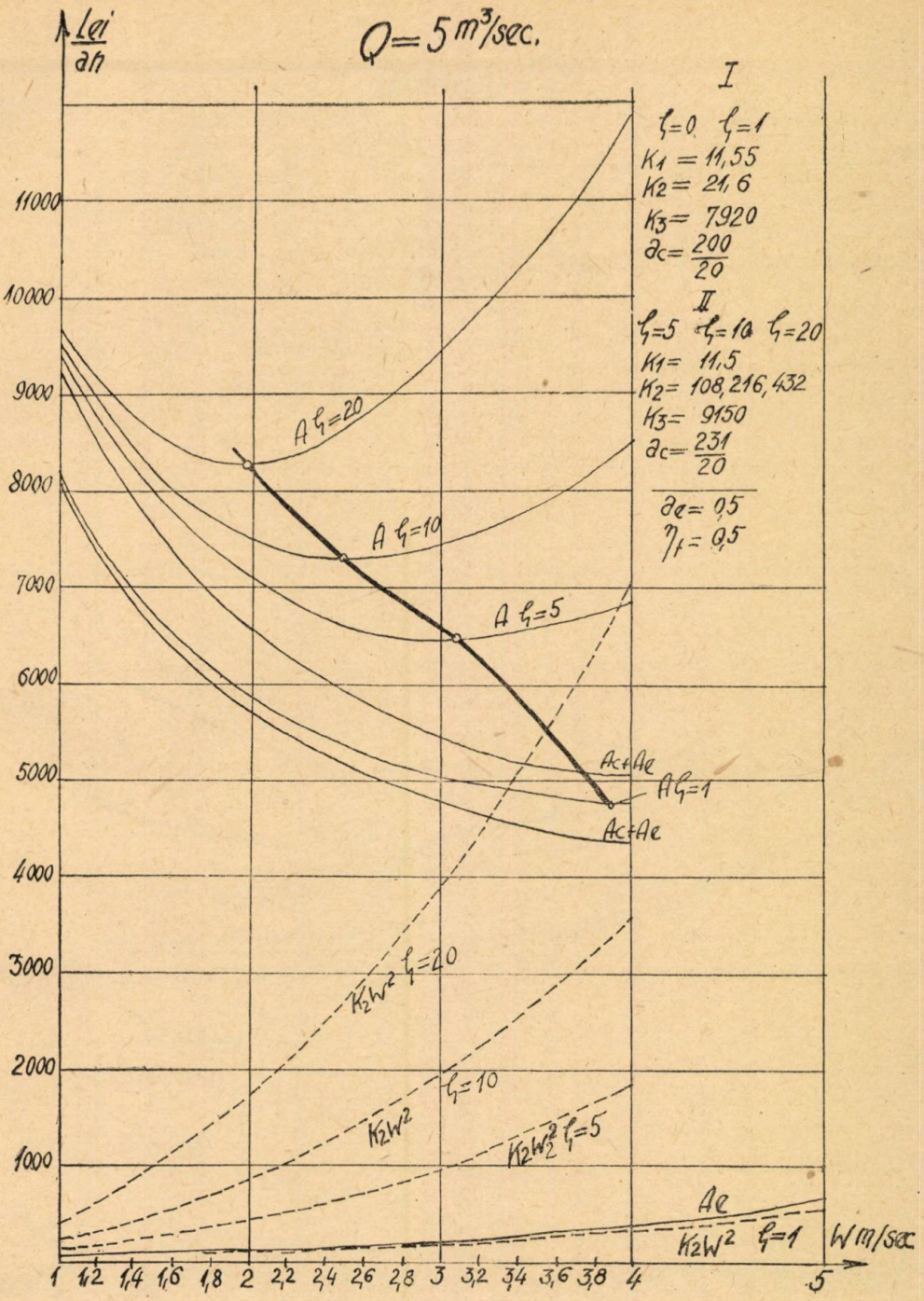

Lei/dh
Q = 5 m³/sec.
I
ζ=0 ζ=1
K1 = 11,55
K2 = 21,6
K3 = 7920
dc = 200/20
II
ζ=5 ζ=10 ζ=20
K1 = 11,5
K2 = 108, 216, 432
K3 = 9150
dc = 231/20
de = 0,5
ηf = 0,5
A ζ=20
A ζ=10
A ζ=5
Ac+Ae
Aζ=1
Ac+Ae
K2W² ζ=20
ζ=10
K2W²
K2W² ζ=5
Ae
K2W² ζ=1
W m/sec
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
1 1,2 1,4 1,6 1,8 2 2,2 2,4 2,6 2,8 3 3,2 3,4 3,6 3,8 4 5

Diagrama V

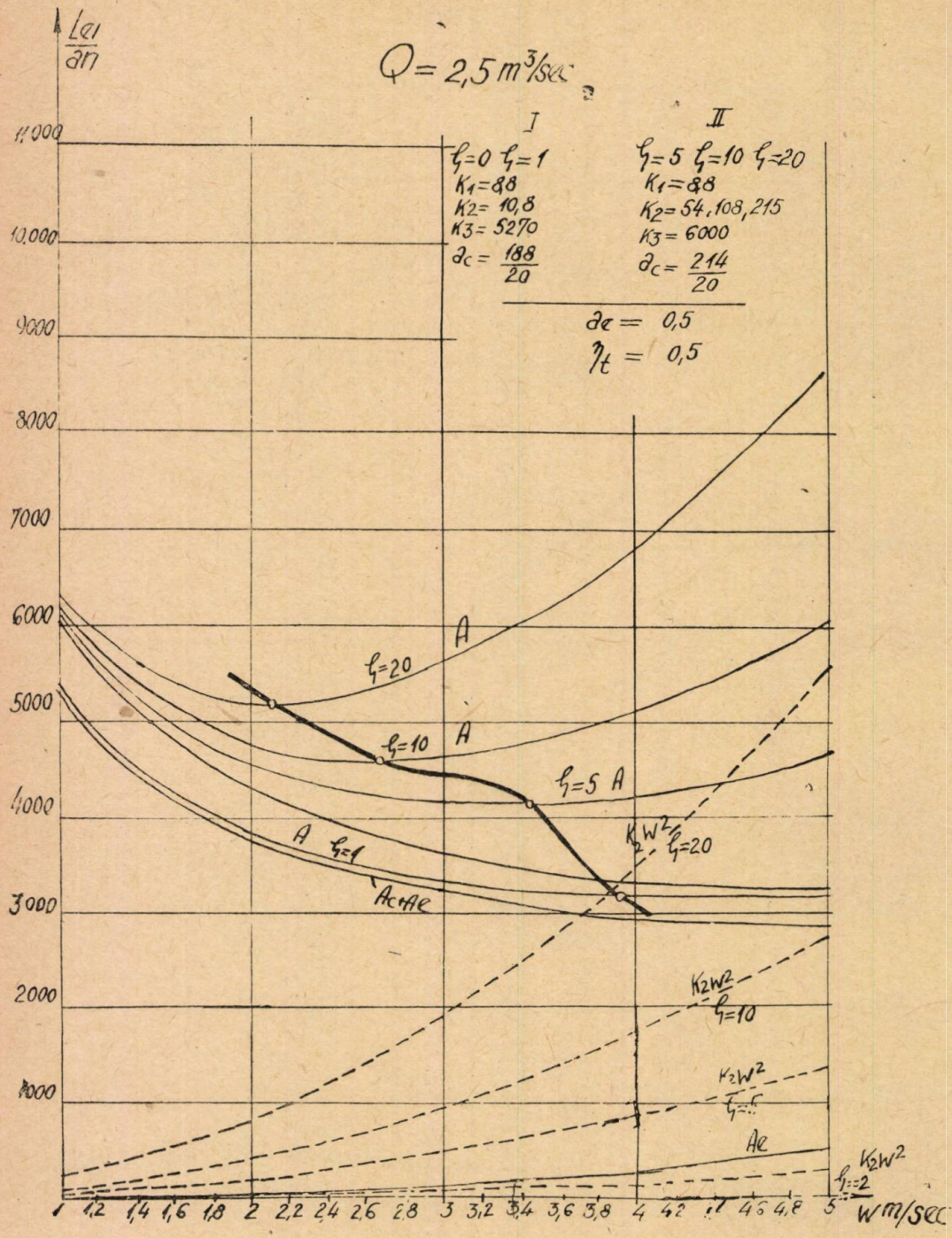

Lei/dn
Q = 2,5 m³/sec
I
ζ=0 ζ=1
K1=8,8
K2=10,8
K3=5270
∂c = 188/20
II
ζ=5 ζ=10 ζ=20
K1=8,8
K2=54, 108, 215
K3=6000
∂c = 214/20
∂e = 0,5
ηt = 0,5
11.000
10.000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
ζ=20
A
ζ=10
A
ζ=5 A
A ζ=1
Ac+Ae
K2W2 ζ=20
K2W2 ζ=10
K2W2 ζ=5
Ae
K2W2 ζ=2
1 1,2 1,4 1,6 1,8 2 2,2 2,4 2,6 2,8 3 3,2 3,4 3,6 3,8 4 4,2 4,4 4,6 4,8 5
W m/sec

Diagrama V.

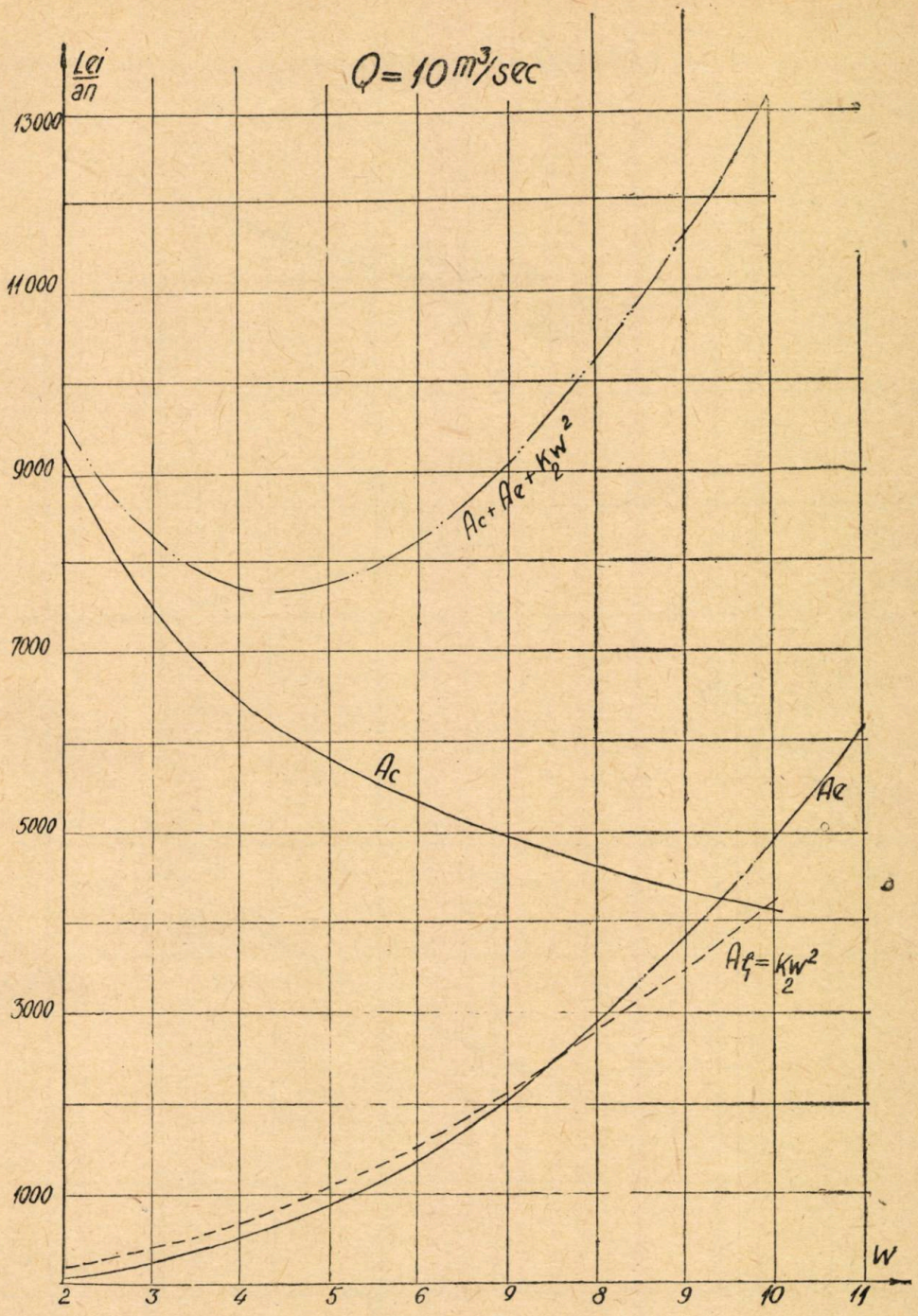


Diagrama VII.

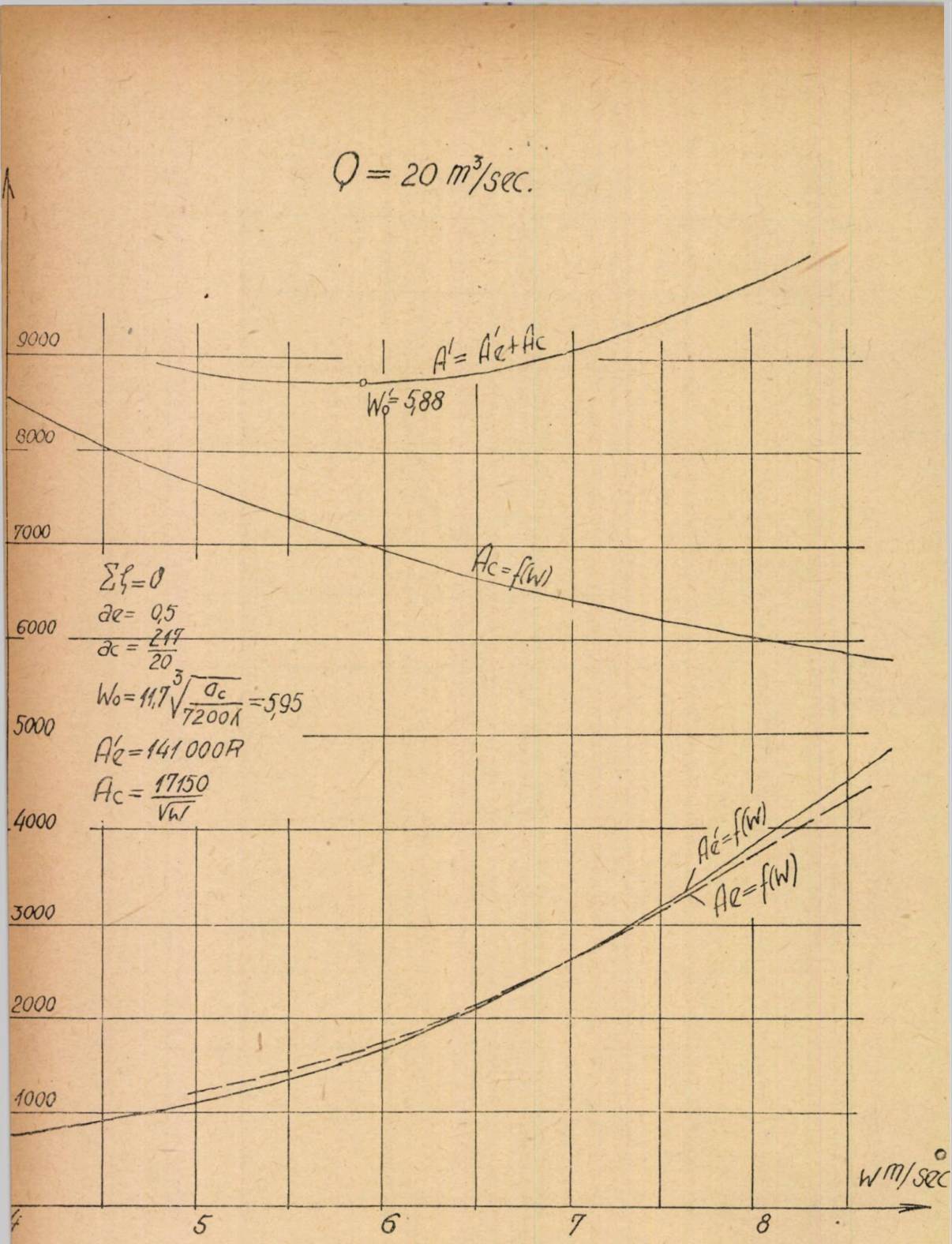


Diagrama VIII.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧНЫХ СКОРОСТЕЙ ВО ВНУТРЕННИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ТРУБАХ

(Краткое содержание)

Установлено наблюдениями, что показатели, употребляемые при выборе скоростей в вентиляционных трубах, недостаточны и часто ведут к проектированию с неэкономичными скоростями.

С целью устранения указанного пробела, настоящая работа устанавливает общий метод для определения экономичных скоростей.

Предлагаемый метод учитывает некоторые игнорируемые факторы, как например, годовая длительность эксплоатации, сумма местных сопротивлений на 100 м трубы и стоимость застроенного пространства, занятого трубами.

Настоящая работа содержит следующие данные для внутренних листовых труб :

а) простые формулы, позволяющие вычислить скорость в случае местных незначительных сопротивлений и незначительной стоимости застроенного пространства (см. формулу в тексте) ;

б) Формулы в случае очень большой суммы местных сопротивлений на 100 м трубы ;

в) Общий метод работы, применяемый и для случая, когда принимается во внимание и стоимость застроенного пространства, занятого трубами ;

г) Диаграммы показывающие (для современного экономического положения) изменения годовой стоимости вентиляции со скоростями (кривые A), годовую стоимость энергии (кривые A_e), годовую амортизацию капиталовложения (кривые A_c) ;

д) Исследование экономичных скоростей в концевых трубах, представляющих особое положение с точки зрения экономичных скоростей.

LA DÈTERMINATION DES VITESSES ÉCONOMIQUES DES CONDUITES INTÉRIEURES DE VENTILATION

(Résumé)

Par l'analyse des projets et des exécutions de nombreuses instalations de ventilation, on a constaté que les vitesses choisies, sont souvent trés différentes des valeurs économiques et que les indications classiques pour le choix des vitesses économiques, sont insuffisantes. Pour combler cette lacune, on a élaboré une méthode générale qui permet la détermination des vitesses économiques. Dans cette méthode on y tient compte en outre des prix de l'énergie et des conduits, de la durée annuelle de l'utilisation des instalations, de la somme des résistences locales pour les cents métres de conduite et du coût de l'espace construit, occupé par les conduits.

Les conclusions obtenues par la méthode élaborée, se rapportent seulement aux conduites intérieures en tôle, quoique la méthode est

d'une application plus générale. Pour des cas particuliers, fréquement rencontés en pratique, on a établi des formules d'une application simple qui permettent le choix des vitesses économiques et la vérification des projets à ce point de vue.

Les diagrammes du texte représentent la variation du coût annuel de la ventilation avec la vitesse (les courbes A), la variation du coût annuel de l'énergie dépencée avec la vitesse (les courbes A_e) et les variations de l'amortissement annuel de l'instalation avec la vitesse (les courbes A_c). Les valeurs données sont évidement valables seulement, dans la situation économique actuelle, de notre pays. La méthode et les relation établies, ont une valabilité indépendante des circonstances économiques.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CU PRIVIRE LA INFLUENŢA VITEZEI DE TĂIERE ASUPRA SCHIMBĂRII PROPRIETĂŢILOR MECANICE ALE STRATULUI DESPRINS LA AŞCHIEREA OŢELURILOR NECĂLITE

DE

MAX ROSNER, AURELIAN SIMIONESCU şi C. CIOCHINĂ

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Intensificarea continuă a regimurilor de aşchiere pune teoriei aşchierii metalelor probleme importante spre rezolvare. Una din sarcinile fundamentale, căreia i se acordă în prezent o atenţie deosebită, este elaborarea bazelor fizice ale aşchierii atît la avansuri, cît şi la viteze mari.

* * *

Aşchierea la viteze mari este însoţită de un şir de fenomene, care o deosebesc de aşchierea la viteze mici.

Unii autori, făcînd o analogie între proprietăţile unui metal prelucrat prin aşchiere, datorită căreia atinge o temperatură înaltă şi proprietăţile aceluiaşi metal preîncălzit la aceeaşi temperatură, au explicat posibilitatea ridicării vitezei la aşchierea oţelurilor necălite prin scăderea rezistenţei mecanice a stratului desprins, sub acţiunea încălzirii puternice, datorită vitezei mari de tăiere.

In ultimii ani, un şir de cercetători au combătut această motivare teoretică a aşchierii rapide, demonstrînd că „analogia datelor referitoare la influenţa temperaturii asupra rezistenţei oţelurilor, obţinute prin încercările de rezistenţă la rupere, statice, cu situaţia în cazul aşchierii rapide, este greşită" [4], că „încălzirea metalului pînă la temperaturi mai mult sau mai puţin ridicate este localizată pe porţiuni foarte mici, care vin în contact direct cu tăişul" [1] şi că „micşorarea rezistenţei materialului aşchiei, datorită creşterii temperaturii, compensează numai în mică măsură mărirea acestei rezistenţe datorită deformărilor plastice" [10].

Ţinînd seama de interesul teoretic şi practic, pe care-l prezintă această problemă, am efectuat un şir de experienţe, cu scopul ca interpretarea rezultatelor obţinute să poată contribui la clarificarea ei.

Experienţele s-au efectuat la un strung „Iosif Ranghel", cu turaţia maximă de 1200 rot/min, asupra unui oţel dintr-o tijă de piston de locomotivă, cu duritatea $H_B = 156$, cu cuţite prevăzute cu plăcuţe de metal dur - T15K6, avînd unghiul de atac principal $\varkappa = 45^0$, unghiul de degajare $\gamma = + 3^0$, cu faţetă negativă de -5^0. Ele au constat din determinarea temperaturii medii a aşchiei prin măsurări calorimetrice, executarea de microfotografii ale secţiunii transversale a aşchiei şi măsurarea printr-o metodă nouă a temperaturii suprafeţei aşchiei, învecinată cu faţa de degajare a cuţitului. In acelaşi timp, cu ajutorul unui dinamometru special, s-a măsurat forţa principală de tăiere P_z la diferite regimuri de lucru.

1. Temperatura medie a aşchiei [1])

Determinarea temperaturii medii a aşchiei s-a făcut după metoda calorimetrică cunoscută, introducîndu-se însă o oarecare simplificare a procedeului.

Se ştie, că în vederea stabilirii cantităţii totale de căldură, produsă în procesul de aşchiere şi a procentului din această căldură rămas în aşchie, se iau măsuri, pentru a putea cunoaşte riguros drumul parcurs de cuţit pe piesă şi pentru ca aşchiile respective să cadă toate în calorimetru. In acest scop se utilizează diferite dispozitive şi procedee. Unul din procedeele cunoscute pentru determinarea drumului cuţitului, este, de exemplu, efectuarea în piesă a două canale, opuse diametral, (fig. 1).

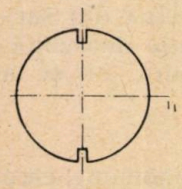


Fig. 1.

Prin aceasta se explică probabil faptul, că foarte puţini cercetători au efectuat experienţe calorimetrice la viteze ridicate, majoritatea din ei limitîndu-se la 20-30 m/min., iar în puţine cazuri, la 80-100 m/min.

S. S. Mojaev a efectuat experienţe calorimetrice pînă la 500 m/min., în care scop a lucrat cu cuţitul întors, cu faţa de degajare în jos şi cu sensul de rotaţie a piesei inversat.

Simplificarea procedeului constă în faptul că, introducînd un calcul simplu, se elimină necesitatea măsurilor de precauţie susmenţionate, putîndu-se lucra astfel la orice viteze de tăiere, fără a se ţine cont de aşchiile pierdute, care nu au căzut în calorimetru.

Intr-adevăr, cantitatea de aşchii, căzute în calorimetru este:

$$G = \frac{t \cdot s \cdot v \cdot \gamma \cdot \tau}{1000} \text{ kg}, \tag{1}$$

în care:

t — adîncimea de tăiere în mm;
s - avansul în mm/rot;
v — viteza de tăiere în m/min;
γ — greutatea specifică a oţelului în gr/cm^3;
τ — timpul de strunjire necesar obţinerii a G kg de aşchii.

1) La determinarea temperaturii medii a aşchiei s-au neglijat pierderile.

Din (1) rezultă că

$$\tau = \frac{1000\,G}{t.s.v.\gamma} \text{ min.}, \tag{2}$$

în care toate mărimile din membrul al doilea sînt cunoscute.

Lucrul mecanic consumat în timpul τ este [1])

$$L_{tot} = P_z.v.\tau \text{ kgm.} \tag{3}$$

Din experiențele efectuate în ultimii ani de o serie de savanți sovietici (acad. P. A. Rebinder împreună cu K. I. Epifanov, S. S. Mojaev, B. T. Pruşkov şi alții) rezultă că lucrul mecanic de aşchiere se transformă practic aproape în întregime în căldură, mai ales la viteze de tăiere ridicate. Prin urmare cantitatea de căldură, corespunzătoare timpului τ, produsă în timpul aşchierii este

$$Q_{tot} = A.L_{tot} = A.P_z.v.\tau \text{ kcal.} \tag{4}$$

în care:

A — echivalentul caloric al lucrului mecanic în kcal/kgm.

Măsurînd forța P_z pentru fiecare determinare în parte şi înlocuind (2) în (4) se obține:

$$Q_{tot} = \frac{1000\,A.G.P_z}{t.s.\gamma} \text{ kcal.} \tag{5}$$

In cazul cînd forța P_z se determină prin calcul, după formula experimentală

$$P_z = C_{P_z}.t^{X_{P_z}}.S^{Y_{P_z}} \text{ Kg.}, \tag{6}$$

relația (5) devine

$$Q_{tot} = \frac{1000\,A.C_{P_z}.G}{t^{1-X_{P_z}}.S^{1-Y_{P_z}}.\gamma} \text{ Kcal.} \tag{5'}$$

La prima vedere s-ar părea că relația (5') nu exprimă just fenomenul, în sensul că mărimea Q_{tot} nu ar depinde de viteza de tăiere şi că s-ar micşora odată cu mărirea adîncimii de tăiere şi a avansului, deoarece $X_{P_z} \leq 1$ şi $Y_{P_z} < 1$. Aceasta este însă numai o aparență. In-tr-adevăr, înlocuind (1) în (5') se regăseşte relația (4) sub forma

$$Q_{tot} = A.C_{P_z}.t^{X_{P_z}}.S^{Y_{P_z}}.v.\tau \text{ kcal.} \tag{4'}$$

In acest fel, deci, se poate determina cantitatea totală de căldură produsă în procesul de aşchiere, ținînd seama numai de aşchiile căzute în calorimetru.

Fig. 2 reprezintă variația temperaturii medii a aşchiei în funcție de viteza de tăiere la $s = 0{,}3$ mm/rot şi $t = 0{,}5$, resp. 1 şi 2 mm.

Fig. 3 a fost obținută pentru $s = 0{,}16$ mm/rot şi $t = 0{,}5$ resp. 2 mm.

---

1) Aici s-a neglijat lucrul mecanic de avans, care reprezintă numai 1 - 2% din cel de aşchiere.

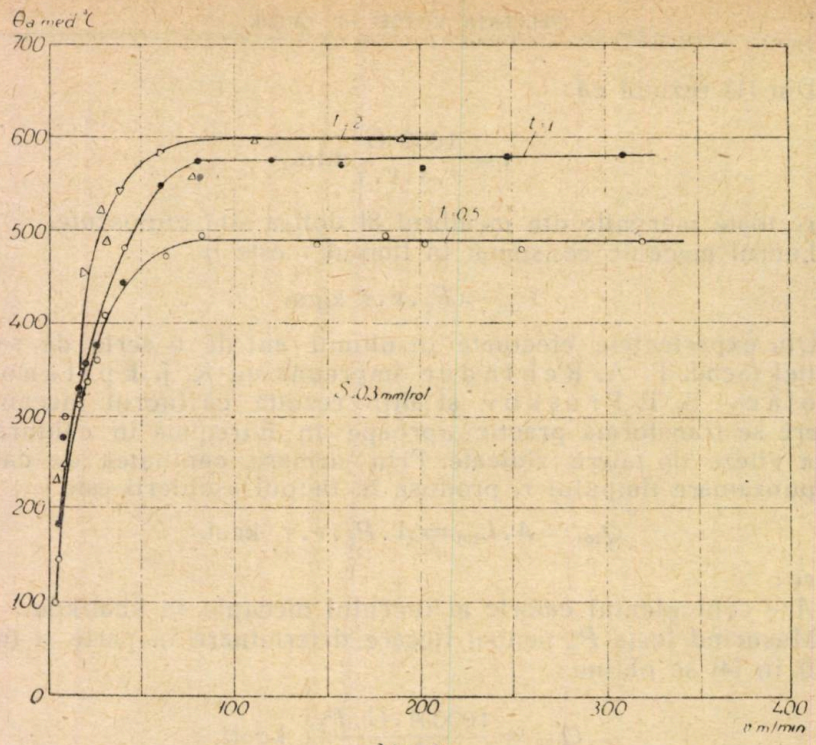

Θa med °C
700
600
500
400
300
200
100
0
100
200
300
400
v m/min
t=2
t=1
t=0,5
S=0,3 mm/ot

Fig. 2.

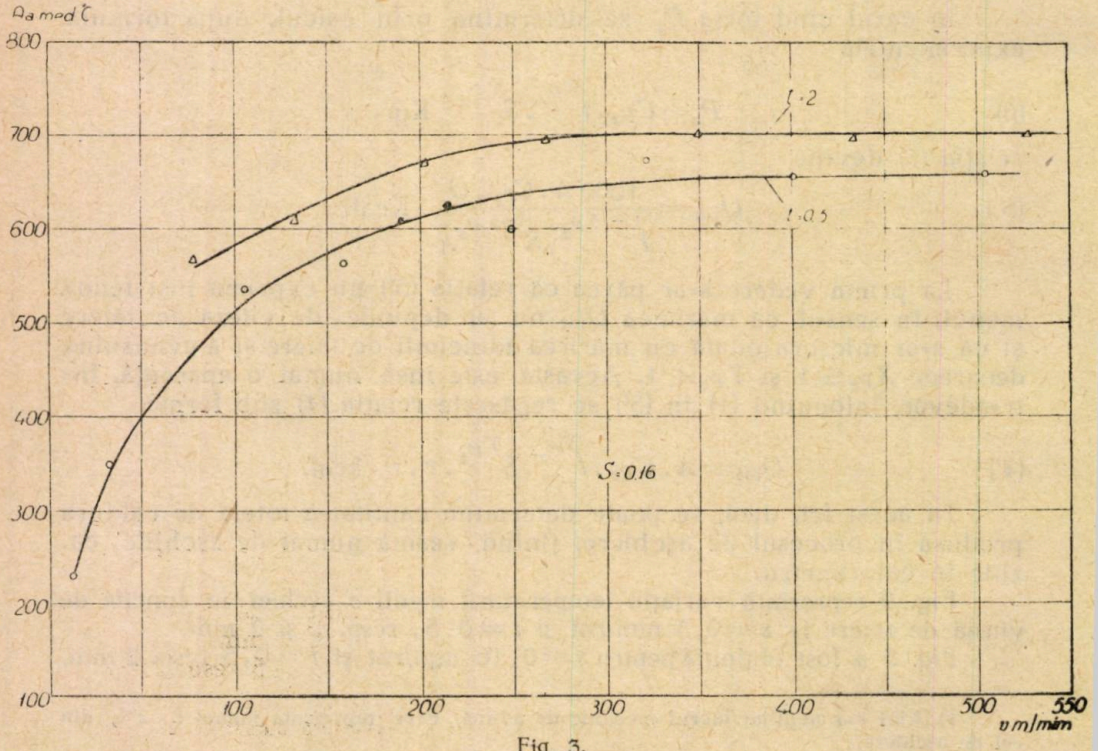

Θa med °C
800
700
600
500
400
300
200
100
100
200
300
400
500
550
v m/min
t=2
t=0,5
S=0,16

Fig. 3.

Din aceste curbe se vede că, în limitele vitezelor la care s-a lucrat, temperatura aşchiei creşte la început, rămînînd apoi practic constantă de la o anumită viteză în sus, determinată pentru fiecare caz în parte.

Raportul dintre cantitatea de căldură înmagazinată de aşchie şi greutatea ei este

$$\frac{Q_a}{G} = c_a\,(\Theta_{a\text{med}} - \theta_{am}) \quad \text{kcal/kg} \tag{7}$$

în care

Q_a — cantitatea de căldură înmagazinată de aşchie, în kcal;
G — greutatea aşchiei căzută în calorimetru, în kg;
c_a — căldura specifică a aşchiei, în kcal/kg°C;
$\Theta_{a\text{med}}$ — temperatura medie a aşchiei în °C;
θ_{am} — temperatura finală a amestecului din calorimetru, în °C.

De oarece θ_{am} este mic faţă de $\theta_{a\text{med}}$ şi în plus θ_{am} variază în limite strînse (în experienţele noastre $\frac{\theta_{am}}{\theta_{a\text{med}}} \approx 0{,}03$ şi θ_{am} a variat cel mult cu 3°C), rezultă din relaţia (7) că raportul $\frac{Q_a}{G}$ variază, în funcţie de viteza

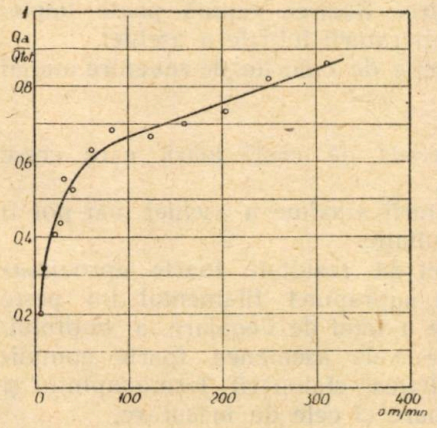


Fig. 4.

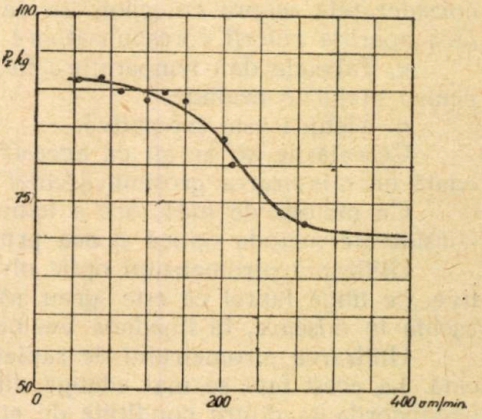


Fig. 5.

de tăiere, în acelaşi sens cu $\theta_{a\text{med}}$, adică de la o anumită viteză în sus acest raport rămîne practic constant.

Pe de altă parte raportul dintre cantitatea de căldură, înmagazinată de aşchie şi cantitatea totală de căldură, produsă în procesul de aşchiere, $\frac{Q_a}{Q_{\text{tot}}}$, creşte odată cu mărimea vitezei de tăiere.

Din fig. 4 se vede că dacă la $v = 6$ m/min. procentul de căldură rămas în aşchie este de 20%, la 311 m/min. acest procent atinge 86%.

Mărimea Q_{tot} a fost calculată după formula (5), variaţia forţei P_z în funcţie de viteza de tăiere fiind determinată experimental (fig. 5).

Rezultate principial analoage au fost obţinute de către S. S. Mojaev la strunjirea oţelului 40 cu $t = 2$ mm şi $s = 0{,}218$ mm/rot, cu ajutorul

cuţitelor prevăzute cu plăcuţe din metal dur T15K6, avînd diferite unghiuri de degajare între + 20° şi — 20° ([3], şi [6]).

2. Temperatura maximă a aşchiei

Cunoaşterea temperaturii pe suprafaţa cea mai încălzită a aşchiei, ce lunecă pe faţa de degajare a cuţitului, este indispensabilă pentru înţelegerea fenomenelor, ce se petrec la viteze de tăiere mari, aşchia fiind cel mai important purtător de căldură în timpul procesului de aşchiere.

In cele ce urmează vom face o scurtă apreciere a metodelor cunoscute de măsurare a acestei temperaturi, pe care — pentru simplificare — o vom numi temperatura maximă a aşchiei, apoi vom descrie metoda propusă de noi.

O metodă simplă de măsurare a temperaturii maxime a aşchiei este metoda culorilor de revenire. Ea are însă o serie de neajunsuri şi anume:

a. Temperatura maximă a aşchiei are loc pe suprafaţa ei în contact cu cuţitul şi cuprinde un strat foarte subţire. Pentru oxidare, care este cauza apariţiei acestor culori, este necesar un timp, în care aşchia, după ce a părăsit cuţitul, îşi uniformizează într-o oarecare măsură temperatura, din care cauză culorile de revenire arată o temperatură micşorată.

b. Viteza de răcire a aşchiei deci şi viteza de tăiere are influenţă considerabilă asupra culorilor de revenire. Răcirea rapidă poate împiedica apariţia culorii corespunzătoare temperaturii iniţiale a aşchiei.

c. Tabelele dau temperatura în funcţie de culorile de revenire numai pentru oţelurile nealiate.

d. Metoda este subiectivă.

Cercetările au arătat că această metodă dă erori mari, care cresc odată cu micşorarea grosimii aşchiei [8].

Ca metode de măsurare a temperaturii maxime a aşchiei mai pot fi considerate metoda optică şi cea prin radiaţie.

Utilizarea pirometrului optic obişnuit dă rezultate foarte aproximative, pe lîngă faptul că este greu să se suprapună filamentul lui peste aşchia în mişcare, în imediata vecinătate a feţei de degajare a cuţitului.

Utilizarea pirometrului de radiaţie este de asemenea foarte complicată. La acest fapt se mai adaugă dificultatea etalonării termocuplului şi neconcordanţa dintre condiţiile de etalonare şi cele de măsurare.

In ceea ce priveşte termocuplul natural cuţit-piesă, se ştie că el dă aşa zisa „temperatură medie de contact" pe de o parte între cuţit şi aşchie, pe de altă parte între cuţit şi suprafaţa de tăiere a piesei. Într-adevăr, deoarece contactul are loc pe două suprafeţe cu o mărime oarecare, se poate considera că se crează un mare număr de termocupluri legate în paralel. Forţa electromotoare, măsurată de milivoltmetru, se poate determina după legea lui Kirchhoff

$$E = \frac{\sum_{1}^{n} E_n R_n}{\sum_{1}^{n} R_n},$$

în care:

R_n — rezistenţa electrică a fiecărui termocuplu.

Considerînd pentru simplificare rezistențele electrice egale pentru toate termocuplurile se obține.

$$E = \frac{R_n \sum_1^n E_n}{n R_n} = \frac{\sum_1^n E_n}{n}.$$

Așa dar forța electromotoare, înregistrată la milivoltmetru, reprezintă media aritmetică a forțelor electromotoare, ce iau naștere în zonele de contact [9].

O metodă pentru măsurarea temperaturii maxime a aşchiei, propusă de V. A. Krivouhov, constă din termocupluri de frecare cromel-alumel şi platin — platin rodiu. Schema acestei metode este redată în fig. 6.

Termocuplul, prins într-un suport special, este pus într-o astfel de poziție, încît sudura lui să atingă aşchia, în imediata vecinătate a feței de degajare a cuțitului [5].

In fig. 7 este arătată o construcție, propusă de A. A. Avakov, la care suportul este confecționat din metal dur, iar capetele firelor pe care lunecă aşchia sînt libere (nesudate) [5].

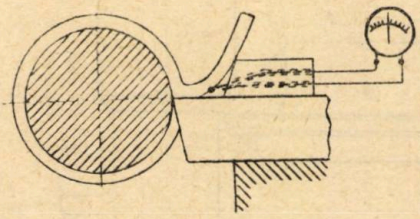


Fig. 6.

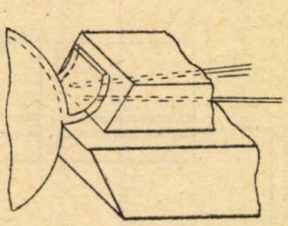


Fig. 7.

Autorii au încercat şi ei pentru măsurarea temperaturii maxime a aşchiei termocupluri, atît cu firele sudate la capăt, cît şi cu firele nesudate, compuse din fer şi nichel şi au ajuns la următoarele concluzii:

a. Termocuplul cu firele sudate indică temperaturi mai joase decît cel cu firele nesudate. Diferența dintre aceste temperaturi crește odată cu mărirea suprafeței sudurii. Acest lucru apare evident, dacă se ține seama de faptul că, în condițiile experiențelor de aşchiere, nu toată suprafața sudurii se află la aceeaşi temperatură, punctele mai depărtate de locul de contact cu aşchia fiind mai reci.

Faptul că la măsurarea temperaturii suprafețelor termocuplurile cu firele sudate indică temperaturi mai joase decît cele cu firele nesudate este confirmat şi de lucrările catedrei de termotehnică a Institutului politehnic Iaşi. Acelaşi lucru rezultă şi din lucrările lui A. M. Danielian [3].

b. Utilizarea acestor termocupluri este foarte complicată din punct de vedere operativ. Presiunea aşchiei le distruge repede, iar la aşchii de lățime relativ mică, însăşi potrivirea dispozitivului dă loc la complicații.

In scopul aprecierii principiale a termocuplului natural, A. M. Danielian a măsurat, pentru comparare, temperatura maximă a aşchiei cu ajutorul unor termocupluri cromel-alumel, sudate şi fără sudură, intro-

duse în plăcuţe mineralo-ceramice şi aduse pînă de-asupra feţei de degajare, în locul unde lunecă aşchia [3].

Această metodă, care, fără îndoială, dă rezultate bune (în cazul utilizării termocuplurilor nesudate), se poate întrebuinţa însă numai în condiţiile aşchierii cu plăcuţe mineralo-ceramice, care nu dau posibilitatea formării de circuite electrice derivate.

Autorii au măsurat temperatura maximă a aşchiei cu ajutorul unui cuplu termoelectric [1]), format din însăşi aşchia detaşată şi o bară de nichel, de lăţime 2 mm şi grosime 1 mm, subţiată la vîrf, pentru a-i micşora masa la locul de contact cu aşchia. Schema instalaţiei e reprezentată în fig. 8.

In cuţitul 1 s-a practicat un canal longitudinal 2, în care s-a introdus bara de nichel 3. Aceasta s-a izolat de cuţit şi strung din punct de vedere electric şi termic cu preşpan şi lac. Bara de nichel s-a aşezat la distanţa de 0,5 — 1,5 mm de vîrful cuţitului, în funcţie de mărimea vitezei de

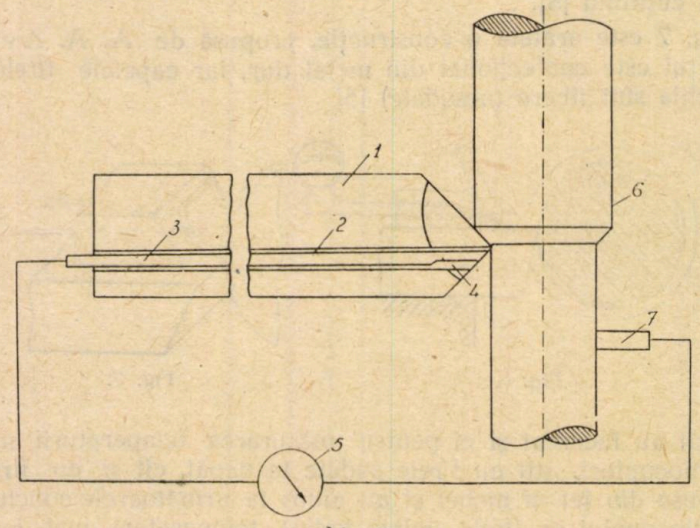
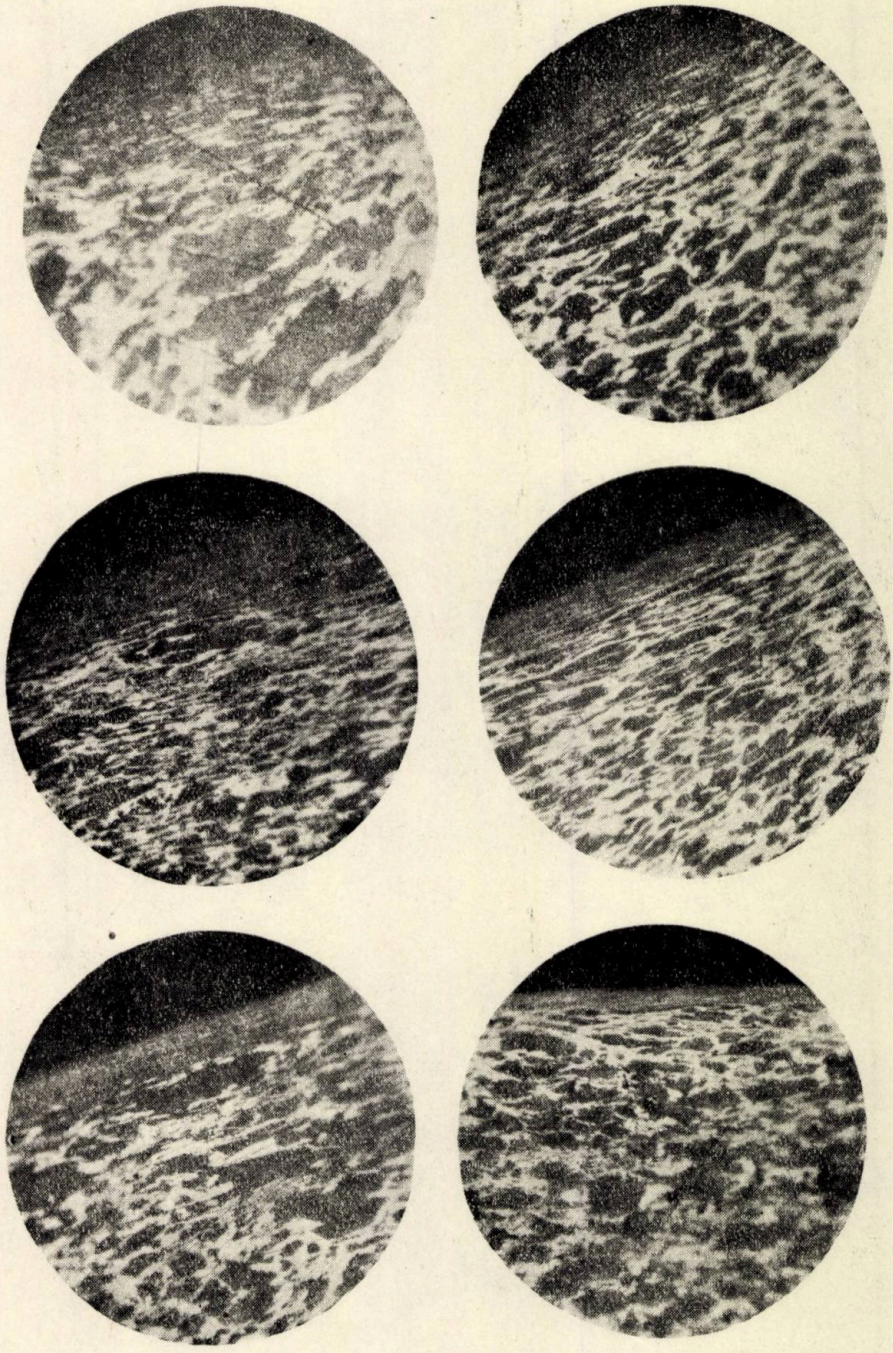


Fig. 8.

tăiere, în acelaşi timp suprafaţa superioară a ei fiind cu 0,3 — 0,5 mm mai sus de nivelul feţei de degajare a cuţitului, pentru ca în timpul strunjirii aşchia să lunece întîi pe faţa de degajare, apoi pe vîrful barei de nichel. Pentru ca ultima să nu fie ridicată în sus de aşchie, ea s-a apăsat către cuţit cu un dispozitiv mecanic. Forţa electromotoare ce ia naştere între aşchie şi nichel s-a citit la milivoltmetrul 5, contactul de la piesa în rotaţie 6 fiind luat prin frecare cu ajutorul unei bucăţi din acelaşi material cu piesa 7.

Pentru etalonarea termocuplului s-a sudat prin puncte o aşchie, din piesa supusă încercării, la bara de nichel. Etalonarea s-a făcut într-un cuptor Siemens-Plania cu autotransformator, prin comparaţie cu un ter-

1) In experienţele efectuate cu termocuplurile am avut un sprijin efectiv din partea prof. T. Cămpan, doctor în ştiinţe fizico-matematice.



PLANŞA I

mocuplu platin — platin rodiu, făcîndu-se verificarea cu punctele de topire ale zincului și ale aluminiului. Pentru a fi ferit de oxidare intensă la temperaturi înalte, termocuplul de etalonat a fost învelit într-un strat subțire de asbest, ceea ce a dat rezultate bune.

Fig. 9 reprezintă curba de etalonare a termocuplului nichel-aşchie. S-a utilizat un milivoltmetru cu scara de 3mV, intercalîndu-se o rezistență exterioară de 30 ohmi, din cauza lipsei unui milivoltmetru cu scară mai mare.

Avantajul metodei descrise constă în simplitatea ei și în faptul că măsoară nemijlocit o temperatură apropiată de cea maximă a aşchiei.

Neajunsurile ei sînt următoarele :

a. O oarecare neconcordanță între condițiile experienței și cele de etalonare, ca și la termocuplurile descrise anterior.

b. Termocuplul trebuie etalonat, pentru fiecare metal de încercat (piesă în parte.

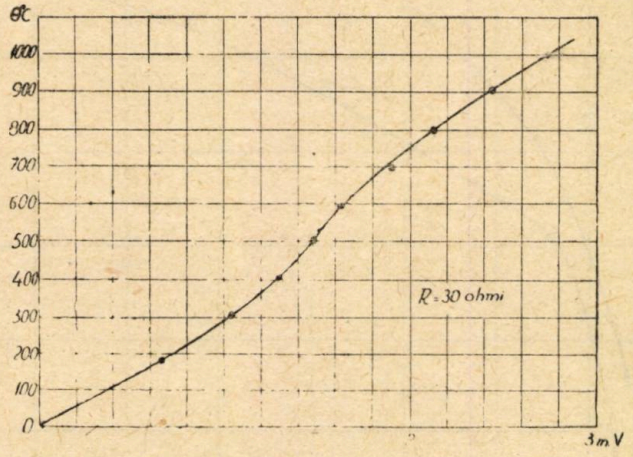


Fig. 9.

Rezultatele măsurării temperaturii pe fața cea mai încălzită a aşchie pentru $t = 1$ mm și $s = 0{,}3$ resp. 0,16 mm/rot. sînt reprezentate în fig. 10 de unde se vede, că această temperatură crește repede cu mărimea vitezei de tăiere, ea atingînd 970°C la $t = 1$ mm, $s = 0{,}3$ mm/rot, $v = 225$ m/min. și 870°C la $t = 1$ mm, $s = 0.16$ mm/rot, $v = 319$ m.

La temperaturile luminoase aceste rezultate au fost verificate cu ajutorul pirometrului optic, care — în limita preciziei acestei metode — a confirmat justețea lor.

In fig. 11 se arată comparativ variația temperaturii medii și a celei maxime a aşchiei, în funcție de viteza de tăiere, pentru $t = 1$ mm și $s = 0{,}3$ mm/rot. Se vede că diferența dintre aceste temperaturi crește repede cu mărimea vitezei.

Planșa I reprezintă microfotografiile secțiunii transversale a aşchiei × 200. Se vede că pe partea aşchiei, în contact cu fața de degajare a cuțitului, apare un strat puternic deformat. Acest strat, care se datorește frecărilor intense dintre aşchie și cuțit, descreşte în grosime și

totodată intensitatea deformaţiilor din el cresc odată cu mărirea vitezei de tăiere, ceea ce rezultă clar din microfotografii.

Microfotografiile s-au făcut pentru $t = 1$ mm, $s = 1{,}59$ mm/rot, şi $v = 10$; 40 ; 102 ; 162 ; 258 ; 324 m/min.

Rezultatele analoage au fost obţinute de un şir de cercetători, de exemplu [7].

Explicarea acestui fenomen trebuie atribuit probabil faptului, că pe măsura creşterii vitezei de tăiere, căldura de frecare are posibilitatea să cuprindă o parte din ce în ce mai mică a grosimii aşchiei. Pe măsura micşorării acestui strat el se încălzeşte (se înmoaie) tot mai tare şi sub acţiunea forţei de frecare se deformează tot mai mult.

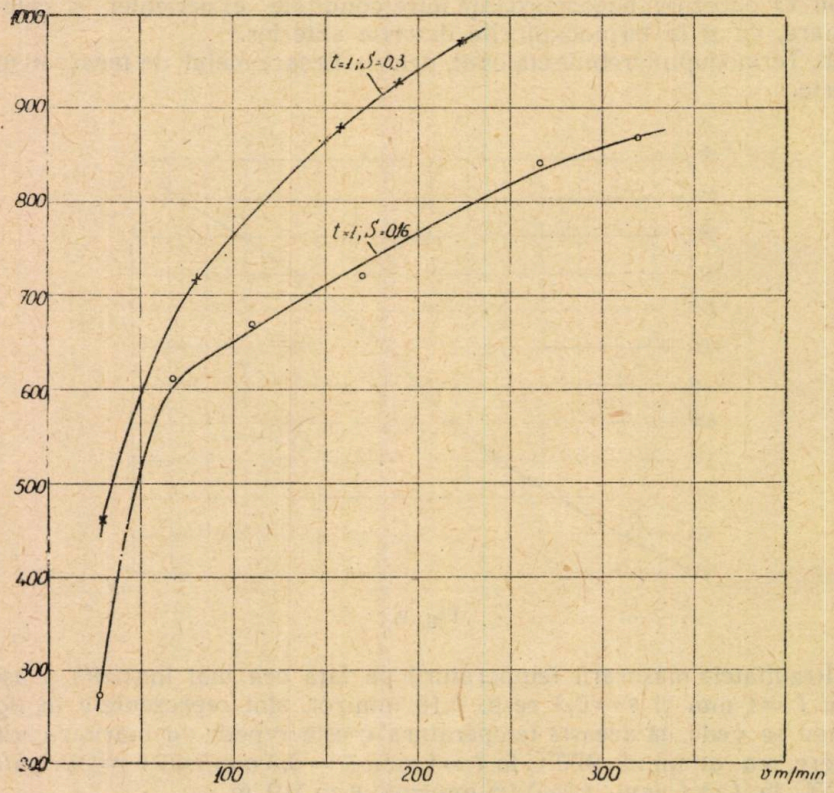


Fig. 10.

3. Concluzii

a. Din faptul că temperatura maximă a aşchiei creşte continuu odată cu mărirea vitezei de tăiere şi temperatura ei medie rămîne practic constantă de la o anumită viteză în sus, rezultă că (în limitele vitezelor la care s-a lucrat) temperatura părţii celei mai mari a secţiunii aşchiei, afară de cea a unui strat foarte subţire, învecinat nemijlocit cu faţa de degajare a cuţitului, scade odată cu mărirea vitezei de tăiere. Acest fapt se explică uşor prin fenomenul cunoscut, că odată cu mărirea vitezei de deformare scade deformaţia şi căldura aferentă ei.

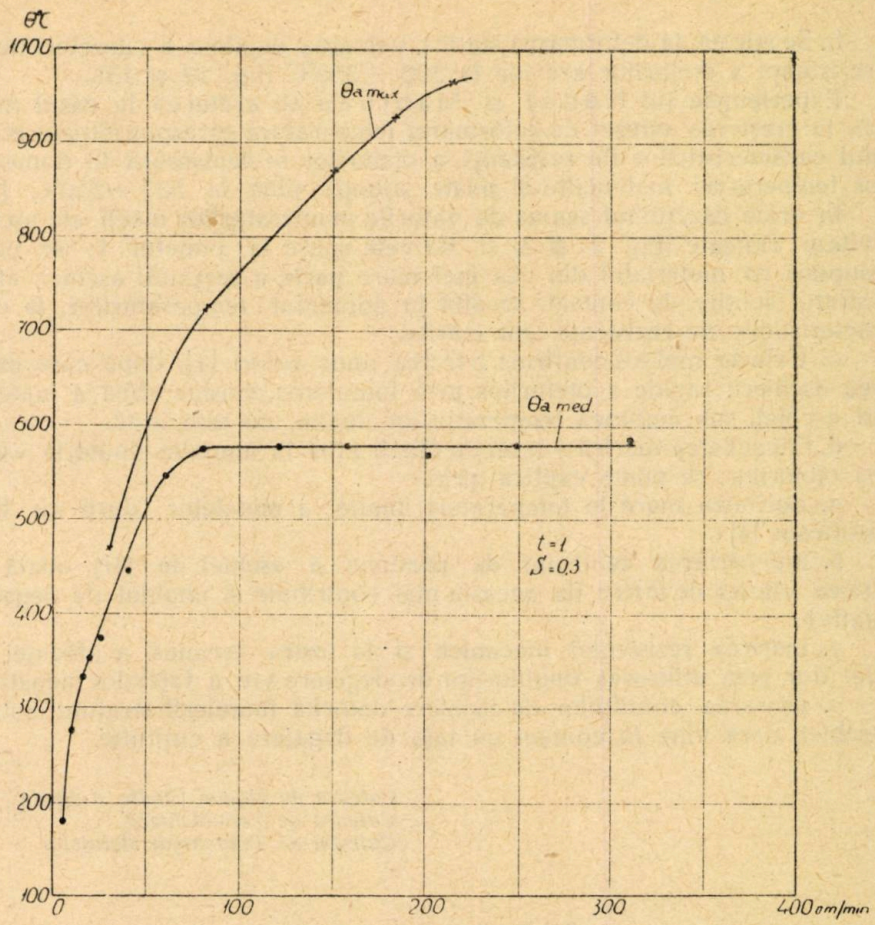
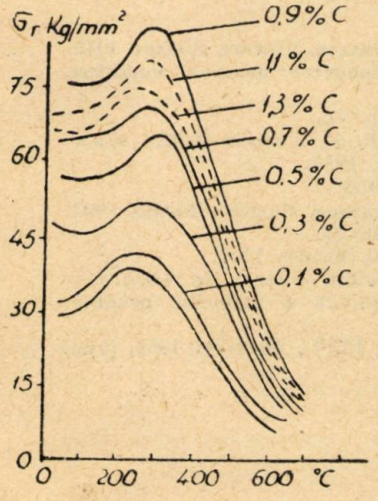


Fig. 11.



Fig, 12.

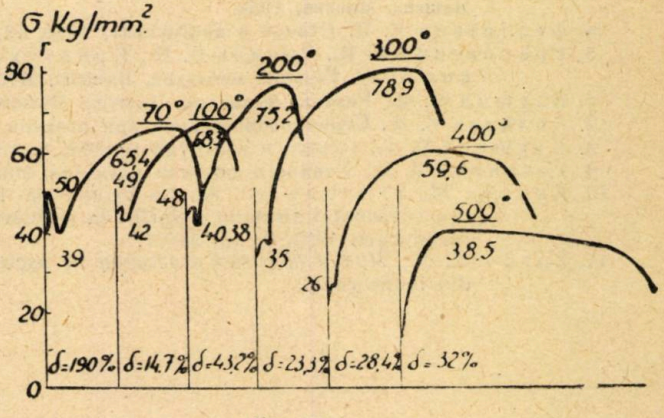


Fig. 13.

b. Se ştie că, la deformarea statică, valoarea maximă a caracteristicilor de rezistenţă a oţelurilor are loc la 300 — 350°C (fig. 12 şi 13).

Experienţele lui Nadai şi Manjuan au arătat că în cazul întinderii, la creşterea vitezei de deformare, temperatura corespunzătoare maximului caracteristicilor de rezistenţă a oţelurilor se deplasează în domeniul unor temperaturi mai înalte şi poate ajunge pînă la 500 —550°C [11].

In orice caz, ţinînd seama de valorile temperaturilor medii ale aşchiei la viteze ridicate (fig. 2 şi 3) şi de cele spuse la punctul 1, se poate presupune că materialul din cea mai mare parte a secţiunii aşchiei, afară de stratul subţire de contact, se află în domeniul temperaturilor, la care caracteristicile de rezistenţă sînt mărite.

c. Cele de mai sus confirmă părerea unor autori [4], după care explicarea aşchierii rapide a oţelurilor prin înmuierea considerabilă a materialului aşchiei, sub acţiunea temperaturilor înalte, nu este justă.

d. Eficacitatea măririi vitezei de tăiere pînă la anumite limite, la aşchierea oţelurilor, se poate explica prin :

α. duritatea mare la temperaturi înalte a metalelor dure cu titan şi wolfram [4] ;

β. îndepărtarea centrului de presiune a aşchiei de tăiş, odată cu mărirea vitezei de tăiere (la aceasta mai contribuie şi unghiul de degajare negativ) ;

γ. mărirea rezistenţei mecanice şi la uzura termică a plăcuţei de metal dur prin utilizarea unghiurilor de degajare sau a feţelor negative ;

δ. uşurarea condiţiilor de aşchiere datorită înmuierii stratului subţire a aşchiei, care vine în contact cu faţa de degajare a cuţitului.

Catedra de Maşini Unelte şi Scule
Catedra de Termotehnică
Catedra de Tehnologia Metalelor

BIBLIOGRAFIE

1. Аваков А. А. Станки и инструмент, 1951, 9, стр. 10.
2. Беспрозванный И. М. Основы теории резания металлов, Машгиз, Москва, 1948.
3. Даниелян А. М. Теплота и износ инструментов в процессе резания металлов, Машгиз, Москва, 1954.
4. Фелдстейн Е. И. Станки и инструмент, 1950, 12, стр. 15.
5. Грановский Г. И., Грудов П. П., Кривоухов В. А., Лапин М. Н., Малкин А. Я., Резание металлов, Машгиз, Москва, 1954.
6. Клушин М. И., Резание металлов, Машгиз, Москва, 1953.
7. Лоладзе Т. Н., Стружкообразование при резании металлов, Машгиз, Москва 1952.
8. Прушков Б. Т., Станки и инструмент, 1953, 6, стр. 23-24.
9. Резников Н. И., Учение о резании металлов, Машгиз, Москва 1947.
10. Rosner M., Simionescu A., Cu privire la influenţa vitezei de tăiere asupra rezistenţei stratului desprins la aşchierea rapidă a oţelurilor necălite, Metalurgia, 1953, 9, pp. 28-31.
11. Zorev N. N., *Studiul mecanicii procesului de aşchiere*, I.D.T., Bucureşti 1952, (trad. din limba rusă).

О ИЗМЕНЕНИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ РЕЗАНИИ НЕЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

(Краткое содержание)

Излагаются результаты калориметрических измерений для определения средней температуры стружки, измерения температуры подрезцовой стор ны стружки и приводятся микрофотогр фии поперечного сечения стружки.

Калориметрические опыты были произведены упрощенным методам, позволяющим пренебрегать расстоянием проходимым резцом по детали и не принимать в тоже время особенных мер, для того чтобы все стружки падали-бы в калориметр. Таким образом получилась возможность работать в широком диапазоне скор стей резания.

Измерение температуры подрезцовой стороны стружки было произведено по методу предложенному авторами, посредством скользящей термопары, образованной стружкой и проволокой из никеля

Сопоставляется предложенный метод с другими методами для измерения этой температуры.

Анализ экспериментальных результатов позволяет сделать следующие выводы :

1. Начиная с определенной скорости резания, температура большей части стружки, кроме очень тонкого слоя, находящегося в прямом соприкосновении с передней гранью резца, не только не подымается, а даже снижается одновременно с увеличением скорости резания.

2. Предполагается что большая часть сечения стружки, кроме тонкого поверхностного слоя, находится в области температур, для которого характеристики сопротивления увеличены.

3. Эти выводы подтверждают мнение некоторых авторов, к торые указывают, что об'яснение скоростного резания сталей умягчением материала стружки, под влиянием высоких температур, не соответствует действительности.

В конце указываются причины эффиктивности увеличения скорости резания, до определенных пределов, при резании сталей.

SUR L'INFLUENCE DE LA VITESSE DE COUPE SUR LA MODIFICATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DU COPEAU DÉTACHÉ À LA TAILLE DES ACIERS RÉCUITS

(Résumé)

On présente les résultats des mesures calorimetriques de la température moyenne du copeau et des mesures de la température de la surface du copeau dans la région de contact avec la face de coupe de l'outil.

Des microphotographies de la section transversale montrent la structure des copeaux.

Les expériences calorimetriques ont été faites par une méthode simplifieé, qui permet de ne pas considérer le parcours de l'outil sur la pièce. En outre, les précautions spéciales que l'ont prend d'habitude, dans cette méthode, pour assurer la chute dans le calorimètre ne sont plus

nécessaires. La méthode de recherche permet, de la sorte, d'obtenir facilement de bons résultats dans des mesures concernant une très large gamme de vitesses de coupe.

La température de la surface du copeau voisine de la face de coupe a été déterminée par une nouvelle méthode, qui consiste dans l'utilisation d'un couple thermoélectrique de contact dont les éléments sont le copeau même et une barre de nickel. On démontre la supériorité de cette méthode dans ces applications.

L'interprétation des résultats expérimentaux conduit aux conclusions suivantes :

1. A partir d'une certaine vitesse de coupe la température de la section du copeau, exceptée celle d'une couche très mince de la surface de contact de l'outil, décroît quand la vitesse augmente.

2. Il y a lieu de croire que le materiel dans la section de copeau excepté la surface de contact avec l'outil, se trouve dans le domaine de la température où les caractéristiques de résistence sont agrandies.

3. Nos résultats confirment l'opinion des auteurs qui ne sont pas d'accord avec l'explication de la taille rapide des aciers par les effets des hautes températures sur la résistance.

On conclut par l'exposition des arguments concernant l'efficacité de l'augmentation jusqu'aux certaines limites des vitesses de coupe à la taille des aciers.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢIUNI LA STUDIUL CEMENTĂRII OŢELULUI CARBON

DE

TOMA FĂRCAŞ, TIBERIU GOLGOŢIU, GH. AILINCĂI, C. CIOCHINĂ
şi EMIL ANDREI

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

I. In stadiul actual metoda de cementare a oţelului carbon în mediu de carburare solid, se bazează pe difuzia carbonului în masa de fier. Acest tratament termochimic se aplică cu scopul de a se obţine piese cu o suprafaţă dură şi rezistentă la uzură, odată cu menţinerea unui miez rezilient.

Procesul de cementare a oţelului carbon, cu amestec de carburare în stare solidă este procedeul cel mai vechi şi cel mai des întrebuinţat, deoarece se execută în condiţii mult mai uşoare în comparaţie cu alte procedee de cementare.

Pentru realizarea difuziunii carbonului în oţel este suficient să se ţină oţelul cîtva timp (una pînă la două ore) într-un mediu oarecare, care conţine carbon, la o temperatură de 800°-900°C şi fără acces de aer pentru a se putea constata indicii de schimbare a metalului la suprafaţă, ca urmare a cementării [1]. In aceste condiţii carbonul difuzat în oţel se dizolvă în masa de fier γ (Fe γ).

La temperatura de cementare de 880°-950°C, bioxidul de carbon se disociază termic, cu formare de CO_2 şi carbon atomic, care difuzează în masa de Fe γ formînd o soluţie solidă (austenită).

Dacă se ia cărbune solid, acesta difuzează practic foarte încet în masa de oţel şi de aceea în practică la cementarea pieselor de oţel nu se întrebuinţează ca mediu de carburare numai cărbune curat solid, ci un amestec de cărbune cu substanţe din care se degajă uşor un gaz care conţine carbon. Astfel de substanţe sînt carbonaţii: CO_3Na_2, CO_3Ba, CO_3K_2, etc., care la încălzire se descompun degajînd CO_2. Acesta la temperatură înaltă (880°-950°C) reacţionează imediat cu carbonul din cărbunele de lemn dînd CO, care difuzează apoi în fierul γ (Fe γ).

Formarea oxidului de carbon din carbonaţii adăugaţi amestecului are loc după următoarele reacţii:

1. Din carbonatul de sodiu:

$$CO_3Na_2 = Na_2O + CO_2,$$
$$CO_2 + C = 2\,CO.$$

2. Din carbonatul de bariu

$$CO_3Ba = BaO + CO_2,$$

$$CO_2 + C = 2CO.$$

După părerea unor autori influența carbonaților sau a altor săruri și oxizi ca acceleratori ai procesului de cementare, este datorită numai acțiunii catalitice a metalelor, care intră în compoziția lor asupra reacțiunii:

$$CO_2 + C = 2\ CO.$$

Totuși acest lucru nu este încă confirmat [2].

Cementarea cu ajutorul unui amestec solid de cărbune de lemn cu carbonați este metoda cea mai întrebuințată în practică, folosind carbonații de sodiu și de bariu. In general se recomandă a se întrebuința acei carbonați care au temperaturi înalte de descompunere (1200°-1400°C), ceea ce face ca la temperatura de cementare (880°-950°C) să avem o degajare treptată de CO_2 datorită reacțiilor ce se produc numai parțial.

In practica industrială cel mai utilizat amestec pentru cementare dînd rezultate bune, este amestecul format din cărbune de lemn (mangal) cu CO_3Ba în diverse propoziții (pînă la maximum 40% CO_3Ba). Acest amestec este cunoscut și întrebuințat la noi în țară sub denumirea de *feridon lent.*

Cementarea cu feridon lent se execută după cum indică instrucțiunile pentru întrebuințarea lui, la o temperatură de 870°-950°C, cu durata de încălzire 6-10 ore, adîncimea stratului cementat obținut fiind pînă la 2 mm.

Carbonații de bariu și sodiu sînt preferați în aceste amestecuri pentru că ei se descompun treptat.

II. Scopul lucrării noastre a constatat în găsirea unui alt amestec de cementare solid, cu preț redus, în a cărui compoziție să nu intre decît materiale indigene. Pentru acest lucru ne-am fixat asupra carbonatului de calciu.

Pînă în prezent carbonatul de calciu nu a putut fi folosit ca material de bază în amestecurile solide de cementare alături de cărbune, din cauză că, în condițiile de temperatură pentru executarea cementării, carbonatul de calciu se descompune foarte repede [1, p. 331].

Actualmente în URSS se folosesc amestecuri de cementare în care intră și CO_3Ca, în procente mici (1-5%), alături de CO_3Ba sau CO_3Na_2. Scopul adăugării acestui carbonat în amestecul de cementare după A. N. Minkevici [2, pp. 91-92] este de a evita vitrifierea particulelor mediului de carburare sub forma unui strat superficial pe metal, care ar împiedica difuziunea carbonului în masa de fier.

Idea de la care s-a plecat în problema de față a fost a se utiliza CO_3Ca drept component de bază în amestecurile de cementare solide, utilizîndu-se în același timp în amestec o substanță care să frîneze descompunerea carbonatului de calciu.

In acest scop am încercat nisipul (SiO_2) drept agent de frînare a descompunerii carbonatului de calciu. Amestecul nu a dat însă rezultate satisfăcătoare, după cum s-a constatat din experiențele efectuate, căci

cerea temperaturi ridicate, iar silicații formați alterau suprafața metalului.

Știind că în industria sovietică se utilizează cu succes un amestec de cementare solid, care folosește drept accelerator CO_3Na_2 (amestecul conține 90% cărbune și 10% CO_3Na_2), s-au continuat experiențele pornind de la o nouă idee și anume aceea a formării CO_3Na_2 în oala de cementare.

Experiențele efectuate în laborator s-au executat asupra oțelului OL34 cu conținutul de 0,19% C, pe eșantioane cu diametrul de 6 și 10 mm.

Experiențele au urmărit:

1. Stabilirea raportului între CO_3Ca și NaCl.

2. Studierea pătrunderii cementării funcție de timp și temperatură. Studiul structurii (macro și micrografic) pentru probele necălite și călite.

1. Pentru stabilirea raportului între CO_3Ca și NaCl s-au făcut experiențe:

Tabela 1

CO_3 Ca = const.

Duritate \ Na Cl %		3%	5%	7%	10%	12%	15%	20%
H_{RB}	ø 6 mm	92,91,98, 89	80,90,94	92,93,95, 96,98	93,95	90,94	94,96,98	84,92,83, 91,100
	ø 10 mm	81,85,87, 91	83,80,85, 92,98,84	92,95,97, 98,99,101, 100	91,92,93, 95	89,90	87,92	92,90,83, 81,84,89
H_{RC}	ø 6 mm	55,52,53, 60	57,58,63	60,66,64, 63,67	60,59	59,60,55	54,58,60	51,59,56, 58,52
	ø 10 mm	50,53	58,57	60,67,65, 63,66	54,59	52,53,57	52,54,58	52,58

Tabela 2

NaCl %	3%	5%	7%	10%	12%	15%	20%
Pătrunderea cementării în mm. (6 ore, 880°)	1,1—1,3	1,1—1,4	1,1—1,5	1,1—1,3	1—1,2	1—1,2	1—1,1

a) Variind procentul de NaCl și menținînd constant procentul de CO_3Ca, determinînd durițățile corespunzătoare, (tabela 1; diagrama I,

curbele *a* şi *b* respectiv pentru probele necălite şi călite), cît şi pătrunderea cementării (tabela 2; diagrama II).

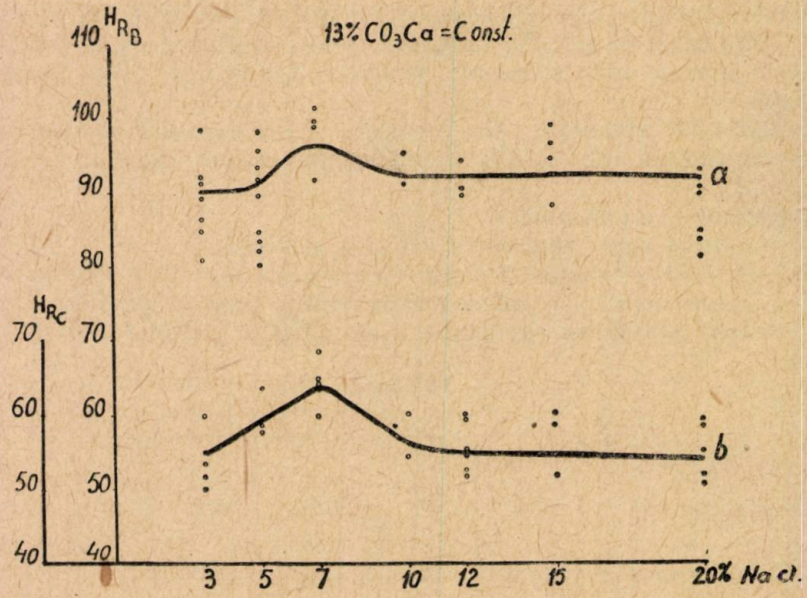


Diagrama I.
Variaţia durităţii la piesele cementate călite şi necălite în funcţie de compoziţia amestecului nou (6 ore, 880°)

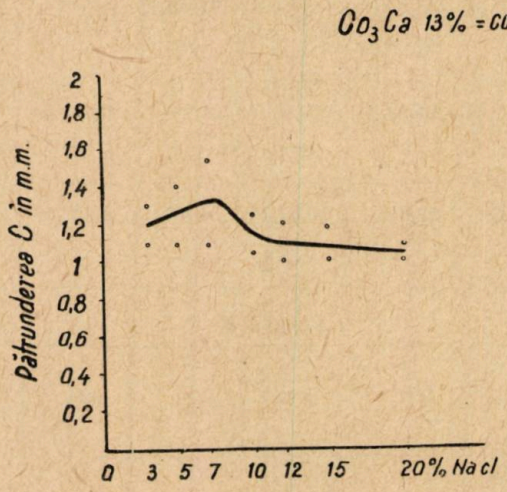


Diagrama II.
Pătrunderea cementării în mm în funcţie de compoziţie (variază cantit. de NaCl) (6 ore, 880°)

b) Variind procentul de CO_3Ca şi menţinînd constant procentul de NaCl, determinînd de asemenea durităţile corespunzătoare (tabela 3,

diagrama III, curbele *a* și *b* respectiv pentru probele necălite și călite), cît și pătrunderea cementării (tabela 4; diagrama IV).

Pentru a se obține date comparative s-au stabilit drept condiții de lucru temperatura 880°C și timpul de 6 ore.

Tabela 3

Na Cl = const.

Duritatea \ CO_3 Ca %		7%	10%	13%	16%	19%
H_R B	ø 6 mm.	88, 96, 99, 94, 92, 95	89, 94, 95, 96	92, 93, 95, 96, 98	94, 95, 96, 99	87, 97, 86, 89
	ø 10 mm.	92, 94,100, 99, 88	97, 96, 98, 94,100	92,93,97,98, 99,101,100	95, 96, 97, 98, 93	86, 85, 94, 95, 87
H_R C	ø 6 mm.	59, 60, 61, 63, 65	64, 67, 60, 61	60, 66, 64, 63, 67	53, 54, 56, 59, 60	63, 62, 64,
	ø 10 mm.	62, 63, 64, 67	59, 61, 62, 63, 65, 66	60, 67, 65, 63, 66	62, 59, 60, 63, 58	61, 59, 58, 55, 52, 51

Tabela 4

CO_3Ca	7%	10%	13%	16%	19%
Pătrunderea cementării în mm (6 ore, 880°)	1,1 – 1,4	1,1 – 1,4	1,1 – 1,5	1,1 1,2	1,1 – 1,2

Din rezultatele obținute (oglindite în tabelele și diagramele indicate mai sus) se constată că duritatea și pătrunderile optime pentru piesele cementate necălite și călite în condițiile de lucru indicate se obțin pentru amestecul de:

13% CO_3Ca; 19% NaCl; 80% cărbune de lemn.

Deoarece proporțiile amestecului nu sînt stochiometrice se poate crede că au loc și alte fenomene secundare.

Datele obținute arată că duritatea pentru piesele cementate și necălite este cuprinsă între limitele:

H_{R_B} = 92—101 (tabela 1 și 3; diagrama I și III : a)

H_{R_B} mediu = 96,5

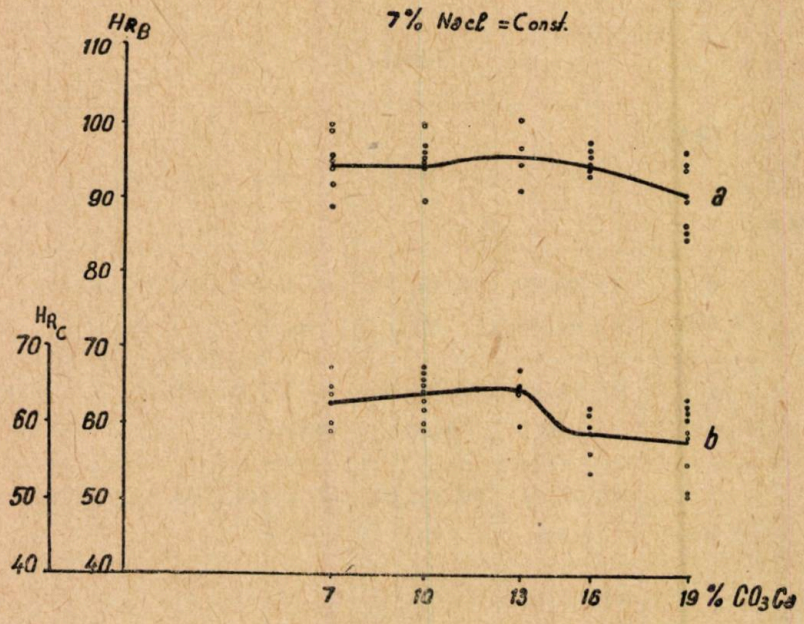


Diagrama III.
Variația durității la piese e cementate călite și necălite în funcție de compoziția amestecului nou (6 ore, 880°)

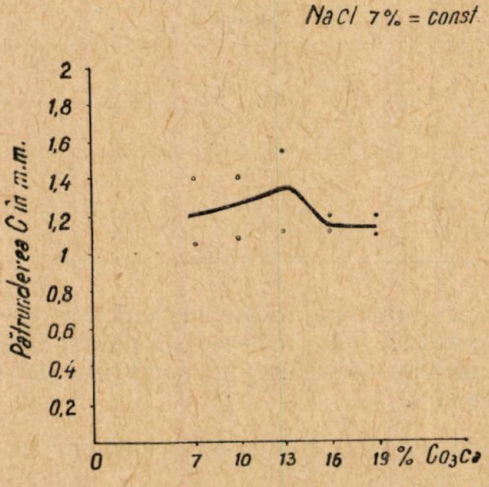


Diagrama IV.
Pătrunderea cementării în mm în funcție de compoziție.
(variază cantit. de CO_3Ca) (6 ore, 880°)

iar pentru piesele cementate călite :

H_{R_C} = 60—67 (tabela 1 și 3 ; diagrama I și III ; b)

H_{R_C} mediu = 63,5

Pătrunderea cementării este cuprinsă între limitele : 1,1 — 1,5 (tabelele 2 și 4 ; diagramele II, IV).

După determinarea compoziției optime s-au efectuat o serie de experiențe pentru determinarea adîncimii de pătrundere a cementării cu amestecul nostru, la diferite temperaturi, funcție de timpul tratării Rezultatele obținute sînt indicate în tabela 5 și diagrama V.

Tabela 5

Temp. °C / Timp în ore	800°	840°	880°	920°
2	0,10	0,15	0,30 - 0,45	0,45—0,60
4	0,25	0,40—0,50	0,75—0,80	0,80—1,20
6	0,30—0,40	0,60	1,10 1,50	1,40—1,60
8	0,48	0,70—0,80	1,30—1,60	1,80—2,00
10	0,55—0,65	0,80 - 1,00	1,35—1,65	1,10—2,20

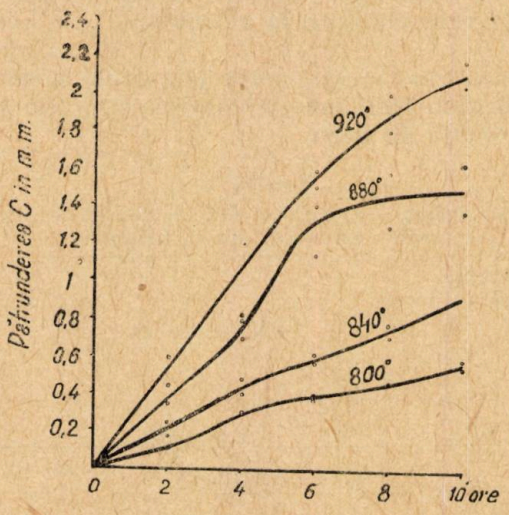


Diagrama V.
Pătrunderea cementării în funcție de timp și temperatură pentru amestecul nou (80% C, 13% CO_3Ca, 7% NaCl)

Se vede din diagramă că practic tratamentul de cementare se poate aplica în bune condițiuni în jurul temperaturii de 880°C (domeniu 870° — 900°C), iar timpul, între 6-8 ore.

Ca date comparative indicăm limitele de duritate și de pătrundere a cementării pentru amestecul de cementare care cuprinde ca adaos

CO_3Na_2 (90% cărbune și 10% CO_3Na_2), în condițiile de lucru precedente.

In acest caz s-a obținut duritatea (tabela 6):
a. pentru eșantioanele cementate și necălite,

$$H_{R_B} = 95-100 \quad ; \quad H_{R_B} \text{ mediu} = 97,5$$

b. pentru eșantionele cementate și călite:

$$H_{R_C} = 59-67 \quad , \quad H_{R_C} \text{ mediu} = 63.$$

iar pătrunderea cementării 1,1 — 1,4 mm.

Tabela 6

Variația durității pentru piesele cementate călite și necălite cu amestecul: 90% cărbune + 10% CO_3Na_2 (6 ore, 880°)

Duritatea	H_{R_B}	∅ 6 mm	95	98	96	99	—	—
		∅ 10 mm	100	94	98	95	—	—
	H_{R_C}	∅ 6 mm	59	60	61	64	67	—
		∅ 10 mm	64	6	65	63	63	61

Se constată că rezultatele obținute cu amestecul nostru sînt egale în mod practic, cu cele obținute la cementarea cu amestec care conține CO_3Na_2.

Pentru a vedea cum se comportă amestecul nostru față de cel ce conține CO_3Ba (feridon lent) am efectuat experiențele și cu acest amestec, în aceleași condiții de lucru.

Tabela 7

Pătrunderea cementării la 880° în funcție de timp pentru amestecul nou și feridon

Mediu de carburare / Timp în ore	Material nou	Feridon
2	0,35—0,45	—
4	0,70—0,80	—
6	1,10—1,50	1,00—1,40
8	1,30—1,60	1,45
10	1,35—1,65	1,45—2,70

Pătrunderea cementării în funcție de timp, rezultă din tabela 7 și diagrama VI, în care curba *a* se referă la feridon lent, iar curba *b* la amestecul nostru. Se constată că pătrunderea cementării pentru ames-

tecul nostru este superioară pentru intervalul de timp cuprins între 6–8 ore, iar peste 8 ore pătrunderea cementării cu feridon depășește pătrunderea obținută cu amestecul nostru, cu circa 0,1 mm.

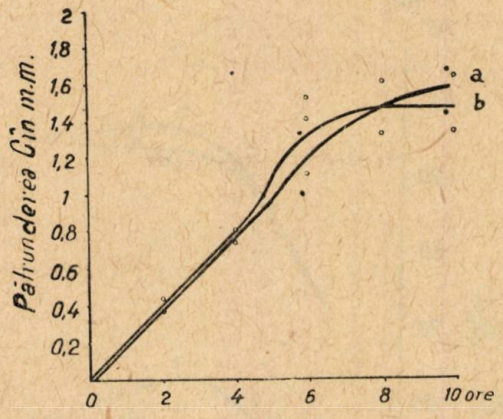


Diagrama VI.
Pătrunderea cementării la 880° în funcție de timp pentru amestecul nou și Feridon

Pătrunderea cementării variază în modul următor :

pentru 6 ore, 880° 1,00—1,40 mm la feridon; 1,10—1,50 mm la amestecul n stru ;
pentru 8 ore, 880° 1,45 mm la feridon ; 1,45 mm la amestecul nostru ;
pentru 10 ore, 880° 1,45 mm la feridon ; 1,50 mm la amostecul nostru.

Se observă că la 8 ore și 880° pătrunderile sînt în mod practic egale (1,45 mm).

Tabela 8

Variația durității la amestecul nou în funcție de timp la piesele călite și necălite în comparație cu feridonul (880°)

Duritatea \ Timp în ore		2	4	6	8	10
Amestec nou	H_{R_B}	71, 73, 75	80,81,82,94	91,102,95, 97,99	94,100,97	91,99
	H_{R_C}	47, 53, 48, 49	55,61,57,60	60, 67, 63, 64, 65	58,63,59,62	53—60
Feridon	H_{R_B}	—	—	85,101,92, 98,99	—	90—100
	H_{R_C}	—	—	52,59,53,54 56,57	—	54—60

In ceea ce privește duritatea, pentru piesele cementate în aceleași condiții, aceasta variază după cum indică tabela 8, diagrama VII și anume

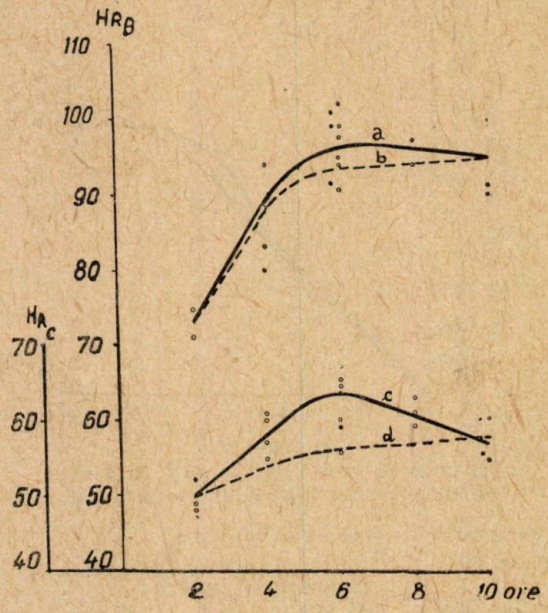


Diagrama VII.
Variația durității la amestecul nou în funcție de timp
la piesele călite și necălite în comparație cu feridonul (880°)

(curba *a* amestec, necălit; curba *b* feridon, necălit; curba *c* amestec, călit; curba *d* feridon, călit), în modul următor: la 880°, timp de 6 ore pentru piesele cementate necălite:

Feridon

$H_{R_B} = 85 - 101$

H_{R_B} mediu $= 93$

Amestec

$H_{R_B} = 91 - 102$

H_{R_B} mediu $= 96{,}5$

iar pentru piesele cementate călite:

$H_{R_C} = 52 - 59$

H_{R_C} mediu $= 55{,}5$

$H_{R_C} = 60 - 67$

H_{R_C} mediu $= 63{,}5$

Iar la cementarea timp de 10 ore, tot la 880° am găsit pentru piesele cementate necălite:

Feridon

$H_{R_B} = 90 - 100$

H_{R_B} mediu $= 95$

Amestec

$H_{R_B} = 91 - 99$

H_{R_B} mediu $= 95$

pentru piesele cementate călite:

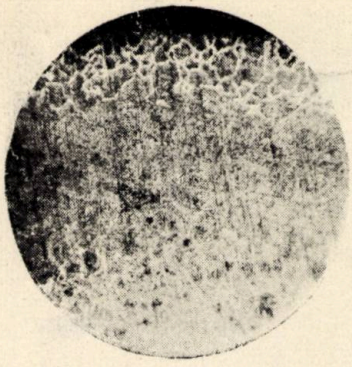


Fig. 1

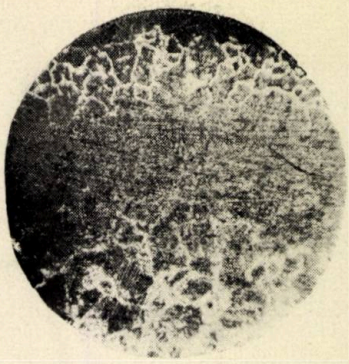


Fig. 2

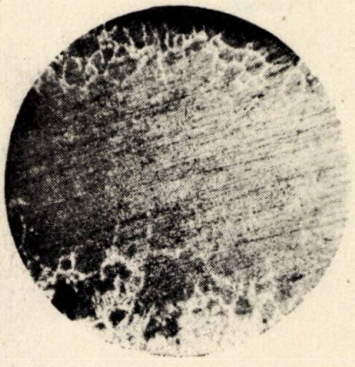


Fig. 3

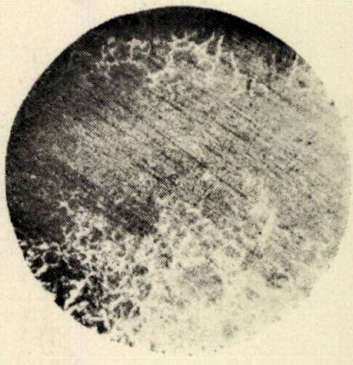


Fig. 4

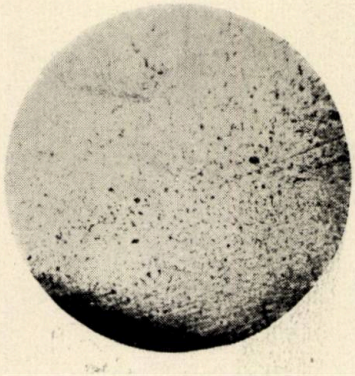
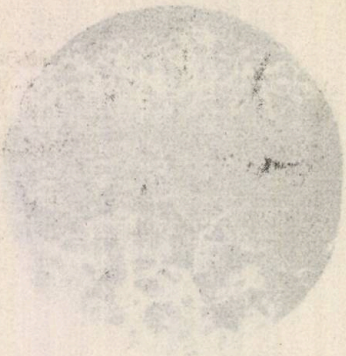
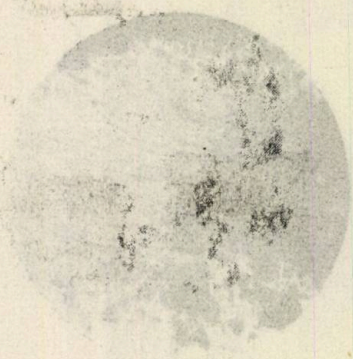
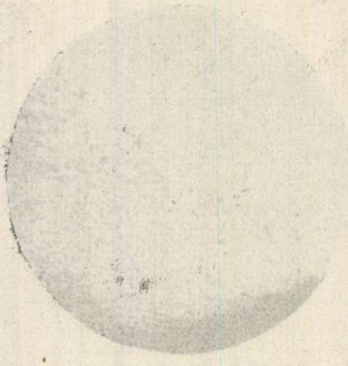


Fig. 5

Fig. 1. Cementarea cu amestecul nostru (6 ore la 880°) — Fig. 2. Cementarea cu amestecul nostru (8 ore la 880°)— Fig. 3. Cementarea cu amestec cu Na_2CO_3 (6 ore la 880°) — Fig. 4. Cementarea cu feridon lent (6 ore la 880°) — Fig. 5. Structura inițială a metalului (OL 34).







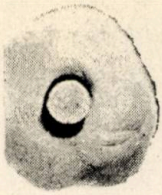


Fig. 6

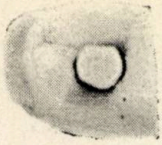


Fig 7

Fig. 8

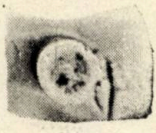


Fig. 9

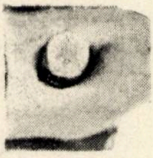


Fig. 10

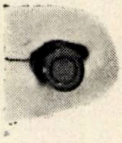
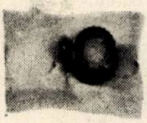


Fig 11

Fig. 12

Fig. 13



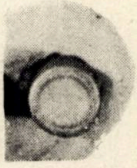
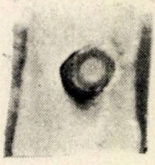


Fig 14



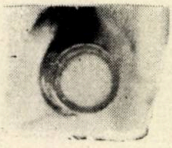
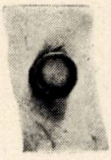


Fig. 15

Fig. 16



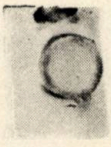


Fig. 17

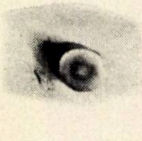
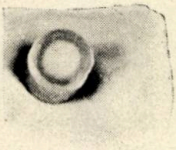


Fig. 18



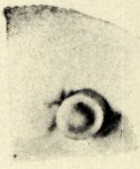


Fig. 19

Fig. 6. Aspectul rupturii piesei călite, cementată cu amestecul nostru în 6 ore, la 880° C - Fig. 7. Aspectul rupturii piesei călite, cementată cu feridon lent, în 6 ore la 880°C - Fig. 8. Aspectul rupturii piesei călite, cementate cu CO_3Na_2 în 6 ore, la 880°C - Fig. 9. Aspectul rupturii pieselor călite, cementate cu amestecul nostru în 8 ore, la 880°C - Fig. 10. Aspectul rupturii pieselor călite, cementate cu amestecul nostru, în 10 ore, la 880°C - Fig. 11. Aspectul macrografic, după tratarea chimică (atac) a piesei călite, cementate cu amestecul nostru, în 6 ore, la 880° C - Fig. 12. Aspectul macrografic, după tratarea chimică (atac) a piesei călite, cementată cu feridon, în 6 ore, la 880° C - Fig. 13. Aspectul macrografic, după tratarea chimică, (atac) a piesei călite, cementată cu amestecul cu CO_3Ca, în 6 ore, la 880°C. Fig. 14. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a pieselor călite, cementate cu amestecul nostru, în 8 ore, la 880° C - Fig. 15. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a pieselor călite, cementate cu amestecul nostru, în 10 ore, la 880° C - Fig. 16. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a piesei călite, cementată cu feridon, în 10 ore, la 880° C. - Fig. 17. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a pieselor necălite, cementate cu amestecul nostru în 10 ore, la 920° C - Fig. 18. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a pieselor călite, cementate cu amestecul nostru, în 10 ore, la 920° C - Fig. 19. Aspectul macrografic după tratarea chimică (atac) a piesei călite, cementată cu feridon în 10 ore, la 920° C.

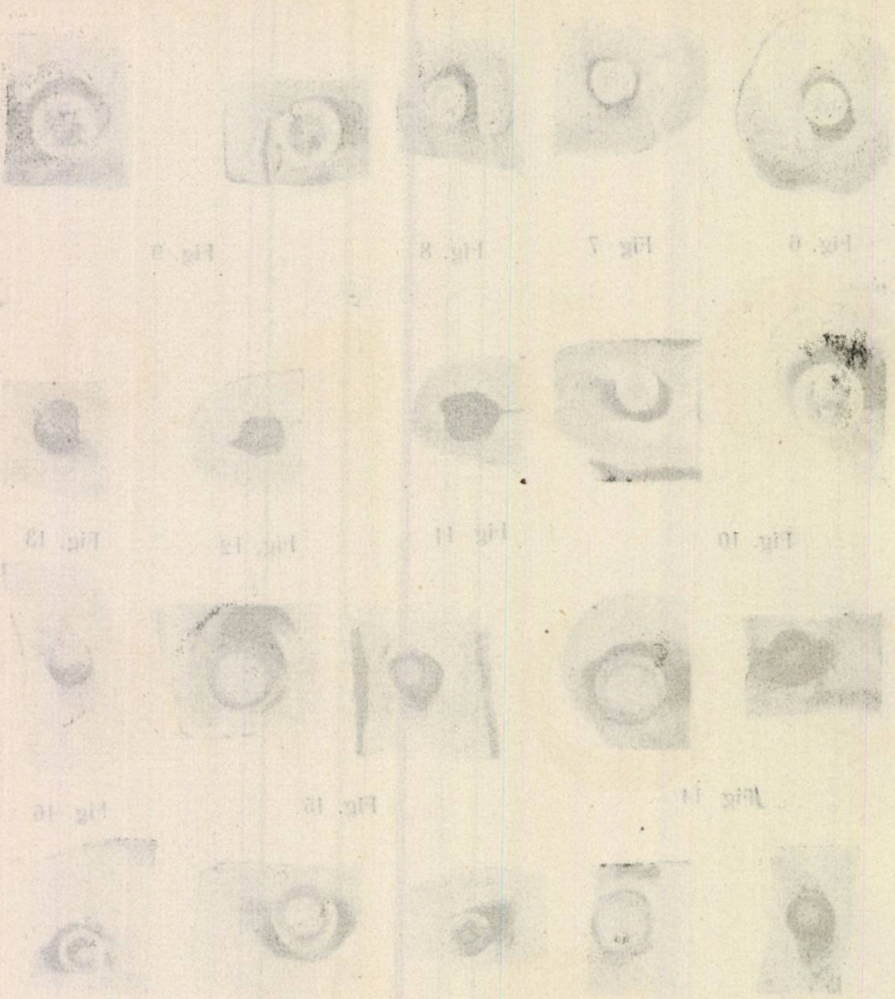
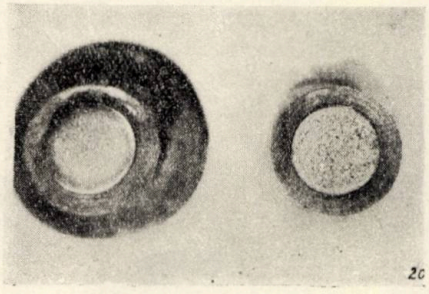


Fig. 6. Aspectul rupturii plesei călite, cementată cu amestecul nostru în 6 ore, la 880° C – Fig. 7. Aspectul rupturii plesei călite, cementată cu feridon Ferd, în 6 ore, la 880°C – Fig. 8. Aspectul rupturii plesei călite, cementate cu CO_3Na_2 în 6 ore, la 880°C – Fig. 9. Aspectul rupturii plesei călite, cementate cu amestecul nostru în 8 ore, la 880°C – Fig. 10. Aspectul rupturii plesei călite, cementate cu amestecul nostru, în 10 ore, la 880°C – Fig. 11. Aspectul macrografic, după tratarea (atac) a plesei călite, cementate cu amestecul nostru, în 6 ore, la 880° C – Fig. 12. Aspectul macrografic, după tratarea clinică a plesei călite, cementată cu CO_3Na_2, în 6 ore, la 880°C. Fig. 13. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementate cu amestecul nostru, în 8 ore, la 880° C – Fig. 14. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementate cu amestecul nostru în 10 ore, la 880° C – Fig. 15. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementată cu feridon, în 10 ore, la 880° C – Fig. 16. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementate cu amestecul nostru în 10 ore, la 920° C – Fig. 17. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementate cu amestecul nostru, în 10 ore, la 920° C – Fig. 18. Aspectul macrografic după tratarea clinică (atac) a plesei călite, cementată cu feridon în 10 ore, la 920° C.



b a

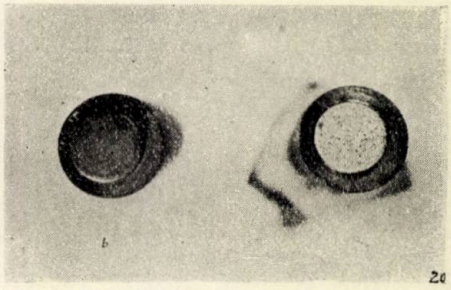
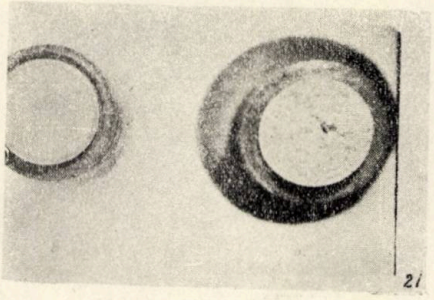
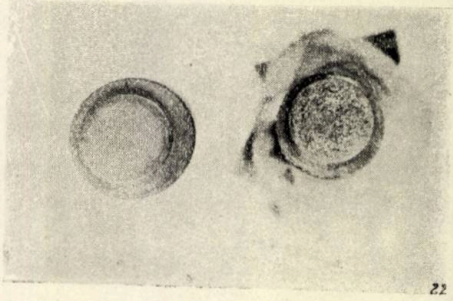


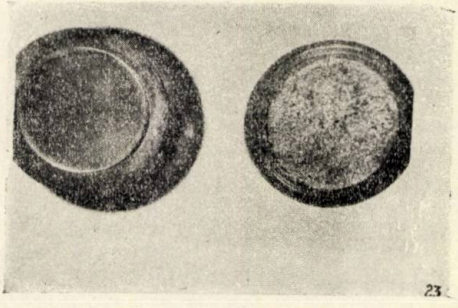
Fig. 20 b a



a Fig. 21 b

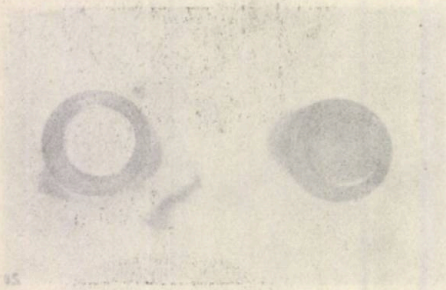


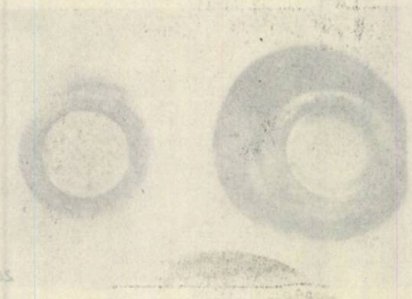
b Fig. 22 b

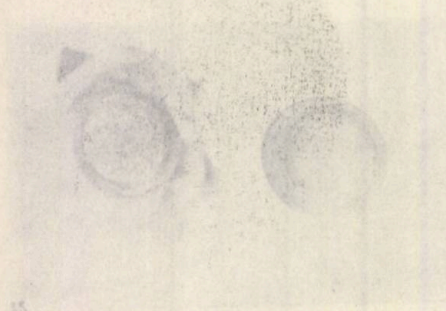


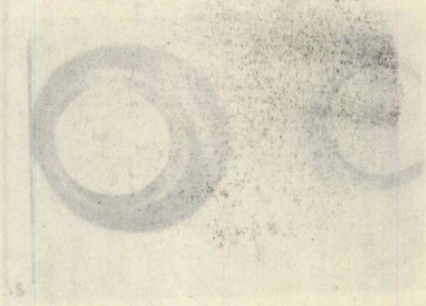
b Fig. 23 a

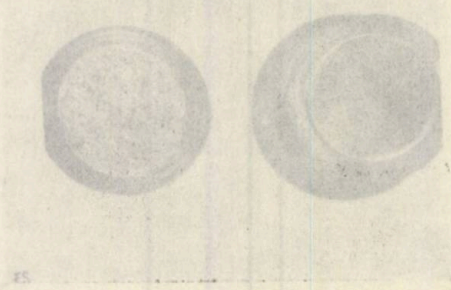
Fig. 20. Microfotografii după ruptură (a) şi atac (b) a pieselor cementate timp de 7 ore cu amestecul nostru. — Fig. 21. Microfotografii după ruptură (a) şi atac (b) a piesei cementate timp de 7 ore cu feridon. — Fig. 22. Microfotografii după ruptură (a) şi atac (b) a piesei cementate timp de 9 ore cu amestecul nostru. — Fig. 23. Microfotografii după ruptură (a) şi atac (b) a piesei cementate timp de 9 ore cu feridon











$H_{R_C} = 54 - 60$ $H_{R_C} = 53 - 60$

H_{R_C} mediu $= 57$ H_{R_C} mediu $= 56,5$

După cum se vede din aceste date medii, pentru temperatura de 880° timpul optim pentru cementarea cu amestecul nostru este între 6 și 8 ore. De asemenea și duritatea maximă se obține tot în acest interval de timp.

Se constată deci că pentru amestecul nostru, la temperatura 880°C și intervalul de timp cuprins între 6 și 8 ore, indicii de duritate și adîncimea de pătrundere sînt mai buni pentru acest amestec, față de feridonul lent.

Rezultatele obținute pot fi urmărite și pe microfotografiile alăturate (fig. 1, 2, 3, 4, 5).

Se observă variația continuă a structurii, cu creșterea procentului de carbon de la centru, unde avem oțelul moale — zona hipoeutectoidă — în care predomină ferita, la zona eutectoidă, de culoare închisă formată numai din perlită și în fine la marginea piesei zona hipereutectoidă, zona cea mai carburată unde apare rețeaua caracteristică de cementită.

Gradul de cementare după cum se vede și pe microfotografii este practic egal în toate cazurile; diferă doar adîncimea de pătrundere în funcție de timpul tratării, în limitele specificate mai înainte pentru fiecare caz în parte.

Adîncimea de cementare se poate observa și pe macrostructură, fie în ruptură, fie după șlefuire și atac.

In ruptură se observă adîncimea de pătrundere datorită faptului că granulația variază cu procentul de carbon din metal, după cum reiese și din probele macrografice alăturate (fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19).

Dacă facem o șlefuire a eșantionului urmată de un atac, stratul de metal carburat se prezintă ca o bandă de altă nuanță decît miezul, (culoarea depinde de reactivul întrebuințat).

III. Rezultatele obținute în laborator ne-au îndreptățit să facem încercarea probelor și pe cale industrială. Experiențele s-au efectuat la Atelierele CFR Ilie Pintilie Iași pe oțelurile utilizate pentru cementare în mod obișnuit la aceste ateliere. Experiențele au fost efectuate în aceleași condiții de temperatură (880°-900°C) atît pentru feridon lent cît și pentru amestecul nostru, timpul de tratare fiind de 7 și 9 ore.

Pătrunderea cementării se poate urmări în microfotografiile alăturate, (fig. 20, 21, 22, 23).

De pe microfotografiile indicate se constată următoarele:

	Feridon	Amestec
Pătrunderea cementării în mm la 7 ore, 880°C	1,3 — 1,5	1,4 — 1,8
Pătrunderea cementării în mm la 9 ore, 880°C	1.5 — 1,7	1,5 — 1,6

Duritatea pentru probele cementate și călite (7 ore, 880°C) este:

Feridon	*Amestec*
$H_{R_C} = 54-67$	$H_{R_C} = 57-67$
H_{R_C} mediu = 60,5	H_{R_C} mediu = 62
Idem pentru 9 ore:	
$H_{R_C} = 60-64$	$H_{R_C} = 58\ 66$
H_{R_C} mediu 62	H_{R_C} mediu = 62

Se observă că şi în cazul experimentării pe cale industrială rezultatele obţinute sînt practic egal la 880°C şi 9 ore şi mai mari pentru amestecul nostru, în cazul executării cementării la aceeaşi temperatură, dar la 7 ore.

IV. Concluzii

a) Carbonatul de calciu poate fi utilizat într-un amestec de carburare pentru cementare, alături de cărbune, în prezenţa clorurii de sodiu (sare industrială).

b) Amestecul optim determinat este format din 80% C, 13% CO_3Ca şi 7% NaCl, socotite în procente din greutate. Intervalul de temperaturi folosite este 870° — 900°C timp de 6–8 ore, în funcţie de adîncimea stratului necesar, care atinge 2 mm.

c) Rezultatele obţinute sînt în mod practic echivalente cu cele ce se obţin la cementarea cu amestecuri ce conţin CO_3Ba (feridon lent).

d) Atît CO_3Ca cît şi NaCl trebuie să fie sub formă de pulbere fină, pentru ca să se poată produce reacţia între ele, sub forma stratului subţire în care se găsesc în amestec. Cărbunele trebuie să fie bucăţi cu dimensiuni maxime de 20 mm. Pot fi şi anumite procente de praf de cărbune, dar nu e recomandat pentru protecţia muncii.

e) Pentru obţinerea unui amestec omogen este bine ca amestecul de CO_3Ca şi NaCl sub formă de pudră fină să se amestece cu cărbune umezit pentru a adera mai bine la el sau în cazul cînd amestecul se face în stare uscată amestecul de carbonat şi sare să se amestece întîi cu praf de cărbune şi abia după aceea să se amestece cu cărbunele în bucăţi. In acest mod amestecul făcut sub formă de praf aderă mai bine de cărbunele în bucăţi.

f) Prin folosirea CO_3Ca în amestecul de cementare se înlocuieşte CO_3Ba. Din punct de vedere economic, costul amestecului nostru este mai redus decît cel al amestecului industrial (feridon). Acest lucru ni-l indică compararea preţului de cost al feridonului (6,90 lei kg), cu preţul de cost al materialelor care intră în componenţa amestecului nostru (0,85 lei kg).

g) Ne propunem ca prin cercetări ulterioare să studiem baza teoretică a proceselor termochimice ce au loc între CO_3Ca şi NaCl, în condiţiile de lucru pentru cementare.

Catedra de Tehnologia Metalelor
Catedra de Chimie Generală

BIBLIOGRAFIE

1. Kaşcenko G. A., *Bazele metalurgiei fizice*, Edit. tehnică, Buc., 1952, pp. 326-327, (trad. din l. rusă).
2. Minkevici A. N., *Tratamentele termochimice ale oțelului*, Ed. I.D.T., t. I, p. 40, (trad. din l. rusă).

ВКЛАД К ИЗУЧЕНИЮ ЦЕМЕНТАЦИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

(Краткое содержание)

Изучение относится к цементации углеродистой стали с помощью CO_3Ca, последний будучи использован как главный элемент в смеси для цементации. Так как CO_3Ca не может самостоятельно играть необходимую роль из-за полного разложения при сравнительно низких температурах, к смеси прибавляется ClNa (натриевая соль).

Наилучшие результаты были достигнуты для смеси, образованной из 13% CO_3Ca, 7% ClNa, 80% древесного угля. Эти результаты равны результату полученнаму при цементации смеси содержащей CO_3Ba или CO_3Na_2. Роль ClNa ещё не была определена. Приготовление этой новой смеси, и её употребления сходны со смесями на основе CO_3Ba или CO_3Na_2, использованными в настоящее время в производстве с преимуществом того что она на много дешевле этих последних.

ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВ

Диаграмма I. Изменение твердости у закаленных и незакаленных цементированых образцов, в связи с новыми составаи смеси (6 часов 880^0,CO_3Ca 13% = const.).

Диаграмма II. Впитывание цементирования в мм, в связи с составаи смеси (изменяется состав NaCl) (6 часов, 880^0 CO_3Ca 13% = const.).

Диаграмма III. Изменение твердости цементированных закаленных и незакаленных образцов, в связи с новыи составаи смеси (6 часов 880^0,NaCl 7% const.).

Диаграмма IV. Впитывание цементирования в мм, в связи с составом смеси (изменяется количество CO_3Ca) (6 часов, 880^0NaCl 7% = const.).

Диаграмма V. Впитывание цементирования, в связи с временем и температурой, для новой смеси 80% C, 13% CO_3Ca, 7% NaCl).

Диаграмма VI. Впитывание цементирования при 880^0 в связи с временем, для нашей смеси и для феридона.

Диаграмма VII. Изменение твердости нового состава, в связи с временом у закаленных и незакаленных образцов, в отношении феридона (88^0).

Рис. 1. Цементирование нашей смесью (6 часов).
Рис. 2. Цементирование нашей смесью (8 часов).
Рис. 3. Цементирование смесью Na_2CO_3.
Рис. 4. Цементирование замедленным феридоном.
Рис. 5. Начальное состояние металл (OL-34).
Рис. 6. Вид разрыва закаленного образца нашей смеси, цементированного 6 часов при 880^0 ц.
Рис. 7. Вид разрыва закаленного образца цементированного замедленным феридоном 6 часов при 880^0 ц.
Рис. 8. Вид разрыва закаленного образца цементированного Na_2CO_3 6 часов 880^0 ц.
Рис. 9. Вид разрыва закаленного образца нашей смеси, цементированного 8 часов при 880^0 ц.

Рис. 10. Вид разрыва закаленного образца цементированного нашей смесью 8 часов при 880° ц.

Рис. 11. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного нашей смесью 6 часов при 880° ц.

Рис. 12. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного феридоном 6 часов при 880° ц.

Рис. 13. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного смесью CO_3Ca 6 часов при 880° ц.

Рис. 14. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного нашей смесью 8 часов при 880° ц.

Рис. 15. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного нашей смесью 10 часов при 880° ц.

Рис. 16. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного феридоном 10 часов 880° ц.

Рис. 17. Макрографический вид после химического воздействия незакаленного образца цементированного нашей смесью 10 часов 920° ц.

Рис. 18. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного нашей смесью 10 часов 920° ц.

Рис. 19. Макрографический вид после химического воздействия закаленного образца цементированного феридоном 10 часов 920° ц.

Рис. 20. Микрофотография разрыва образца цементированного нашей смесью перед (*a*) и 7 часов спустя после химического воздействия (*b*).

Рис. 21. Микрофотография разрыва образца цементированного феридоном перед (*a*) и 7 часов спустя после химического воздействия (*b*).

Рис. 22. Микрофотография разрыва образца цементированного нашей смесью, перед (*a*) и 9 часа спустя после химического воздействия (*b*).

Рис. 23. Микрофотография разрыва образца цементированного феридоном перед (*a*) и 9 часов спустя после химического воздействия (*b*).

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA CÉMENTATION DE L'ACIER CARBON

(Résumé)

L'étude se réfère à la cémentation des aciers carbon, à l'aide du CO_3Ca, qui est employé comme élément principal dans le mélange de carburation.

En tant que le CO_3Ca ne peut pas accomplir de lui seul le rôle nécessaire, on a ajouté un mélange de ClNa (sel gemme).

Des résultats excellents ont été obtenus par un mélange formé de: 13% CO_3Ca, 7% ClNa, 80% C (charbon de bois).

Ces résultats équivalent à ceux obtenus par la cémentation d'une mélange qui contient CO_3Ba ou CO_3Na_2. Le rôle joué par le ClNa n'a pas encore été déterminé. La préparation de ce nouveau mélange ainsi que son utilisation, est semblable à celle des mélanges a base de CO_3Ba ou CO_3Na_2, employés actuellement dans l'industrie, mais ayant l'avantage sur ces derniers d'être de beaucoup meilleur marché.

EXPLICATION DES FIGURES

Diagramme I. La variation de la dureté des pièces cémentées, trempées et nontrempées en fonction de la composition du nouveau mélange (6 heures, 880°, CO_3Ca 13% = const.).

Diagramme II. La pénétration de la cémentation en mm., en fonction de la composition (varie le quantité de NaCl) (6 heures, 880°, CO_3Ca 13% = const.).

Diagramme III. La variation de la dureté des pièces cémentées trempées et nontrempées en fonction de la composition du nouveau mélange (6 heures, 880°, NaCl 7% = const.).

Diagramme IV. La pénétration de la cémentation en mm., en fonction de la composition (varie la quantité de CO_3Ca) (6 heures, 880°, NaCl 7% = const.).

Diagramme V. La pénétration de la cémentation en fonction du temps et de la température pour le mélange nouveau (80% C, 13% CO_3Ca, 7% NaCl).
Diagramme VI. La pénétration de la cémentation à 880°, en fonction du temps pour notre mélange et pour le féridon.
Diagramme VII. La variation de la dureté ches le mélange nouveau en fonction du temps pour les pièces trempées et nontrempées, par rapport au féridon (880°).
Fig. 1. Cémentation par notre mélange (6 heures).
Fig. 2. Cémentation par notre mélange (8 heures).
Fig. 3. Cémentation par mélange avec Na_2CO_3.
Fig. 4. Cémentation par féridon lent.
Fig. 5. Etat initial du métale (OL34).
Fig. 6. L'aspe t de la rupture de la pièce trempée cémentée par notre mélange, en 6 heures à 880°C.
Fig. 7. L'aspect de la rupture de la pièce trempée, cémentée par féridon lent, en 6 heures et à 880°C.
Fig. 8. L'aspect de la rupture de la pièce trempée, cémentée par CO_3Na_2, en 6 heures et à 880°C.
Fig. 9. L'aspect de la rupture de la pièce trempée, cémentée par notre mélange, en 8 heures et à 880°C.
Fig. 10. L'aspect de la rupture de la pièce trempée, cémentée par notre mélange, en 8 heures et à 880°C.
Fig. 11. L'aspect macrographique après la traitement chimique de la pièce trempée, cémentée par notre mélange, en 6 heures et à 880°C.
Fig. 12. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce trempée, cémenteé par féridon, en 6 heures et à 880°C.
Fig, 13. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce trempée, cémentée par mélange à CO_3Ca, en 6 heures et à 880°C.
Fig. 14. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce trempée, cementée par notre mélange, en 8 heures et à 880°C.
Fig. 15. L'aspect macrographique aprés le traitement chimique de la pièce trempée, cémentée par notre mélange, en 10 heures et à 880°C.
Fig. 16. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce trempée, cémentée par féridon, en 10 heures et à 880°C.
Fig. 17. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce nontrempée, cémentée par notre mélange, en 10 heures et à 920°C.
Fig. 18. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce trempée, cémentée par notre mélange, en 10 heures et à 920°C.
Fig. 19. L'aspect macrographique après le traitement chimique de la pièce, trempée, cémentée par féridon, en 10 heures et à 920°C.
Fig. 20. La microphotographie de la rupture de la pièce cémentée par notre mélange, avant (a) et 7 heures après le traitement chimique (b).
Fig. 21. La microphotographie de la rupture de la pièce cémentée par féridon, avant, (a) et 7 heures après le traitement chimique (b),
Fig. 22. La microphotographie de la rupture de la pièce cémentée par notre mélange, avant (a) et 9 heures après le traitement chimique (b).
Fig 23. La microphotographie de la rupture de la pièce cémentée par notre mélange avant (a) et 9 heures après le traitement chimique (b).

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CEMENTAREA OŢELURILOR CARBON DE CALITATE (STAS 880—49) CU AMESTEC NOU PE BAZĂ DE $CaCO_3$

DE

TOMA FĂRCAŞ, TIBERIU GOLGOŢIU, GH. AILINCĂI,
C. CIOCHINĂ şi EMIL ANDREI

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Rezultatele bune obţinute cu amestecul nou de cementare de compoziţie :

13% $CaCO_3$, 7% NaCl, 80% cărbune de lemn,

la încercările asupra oţelurilor OL34 (care se pot utiliza pentru cementare) făcute de noi într-o lucrare anterioară [1], ne-a îndreptăţit să o aplicăm oţelurilor carbon de calitate pentru cementare OLC10 şi OLC16 (STAS 880-49).

Tabela 1

Oţel carbon de calitate pentru cementare / Timp în ore	OLC 10	OLC 16
2	0,5 — 0,7	0,5 — 0,7
4	1,2 — 1,5	1,2 — 1,4
6	1,4 — 1,6	1,4 — 1,5
8	1,6 — 1,8	1,5 — 1,7
10	1,7 — 1,9	1,6 — 1,8

Experienţele s-au făcut în condiţiile de lucru obişnuite de cementare la temperatura de 880^0 în laborator, pe eşantioane de secţiune pătrată cu $l = 10$ mm şi au urmărit determinarea pătrunderii cementării în funcţie de timp şi variaţia durităţii pentru piesele necălite şi călite.

Pentru oţelurile OLC10 şi OLC16, rezultatele obţinute sînt oglindite în tabelele 1, 2 şi diagramele I, II. Tabela 1 cuprinde datele expe-

rimentale obţinute pentru oţelurile OLC10 şi OLC16 la pătrundere, în funcţie de timp. In diagrama I rezultatele la pătrundere sînt reprezentate grafic: curba *a* pentru OLC10 şi curba *b* pentru OLC16. Tabela

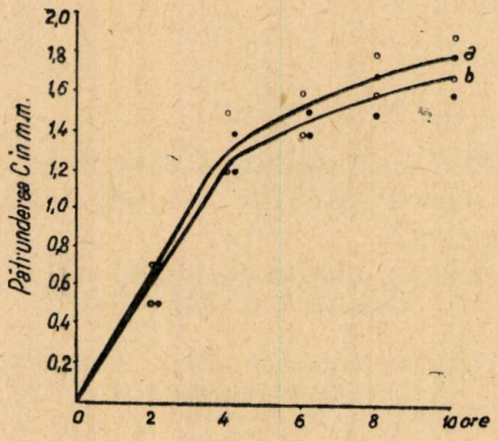


Diagrama I

Pătrunderea cementării în m.m. la 880° la oţelurile carbon de calitate OLC 10 şi OLC 16 în funcţie de timp.

Tabela 2

Timp în ore / Duritatea		2	4	6	8	10
OLC 10	H_{RB}	86, 90, 87, 90, 87	91, 92, 95, 95, 97	99,100, 95, 97, 99	97, 99,100, 104,100	99, 97,100, 105,100
	H_{RC}	57, 61, 60, 62, 63	60, 63, 61, 62, 64	65, 66, 65, 62, 66	65, 64, 66, 68, 63	62, 63, 69, 68, 64
OLC 16	H_{RB}	99,100, 92, 95, 97	99, 95,100, 99,100	100,102, 98, 100,100	100,102,103, 105,100	103,102,105, 103,105
	H_{RC}	64, 62, 66, 67, 67	62, 63, 65, 66, 64	66, 62, 67, 65, 64	65, 67, 68, 68, 69,	66, 65, 67, 69, 69

2 cuprinde datele experimentalc referitoare la variaţia durităţii oţelurilor OLC10 şi OLC16, în funcţie de timp. In diagrama II, rezultatele obţinute pentru durităţi atît pentru piesele necălite (H_{RB}), curbele *a* şi

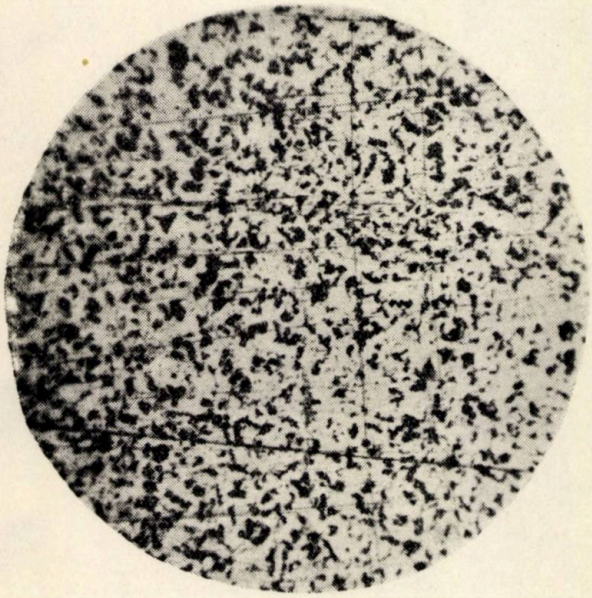


Fig. 1. Structura iniţială a oţelului OLC 10

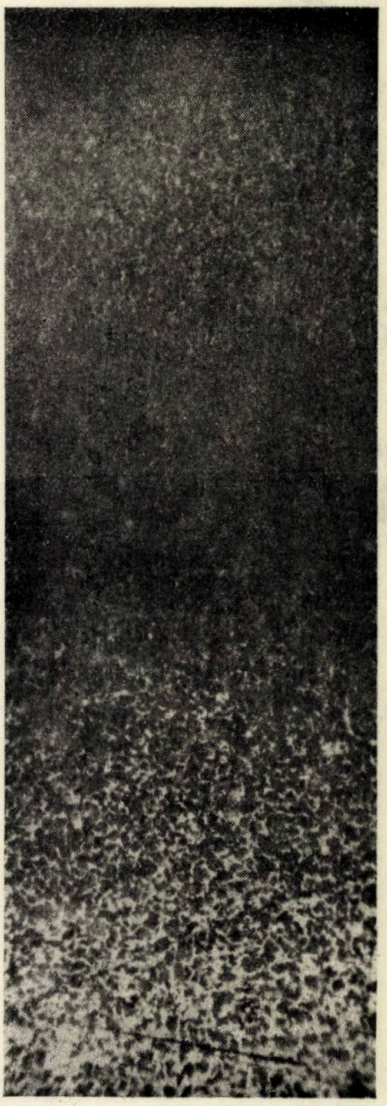
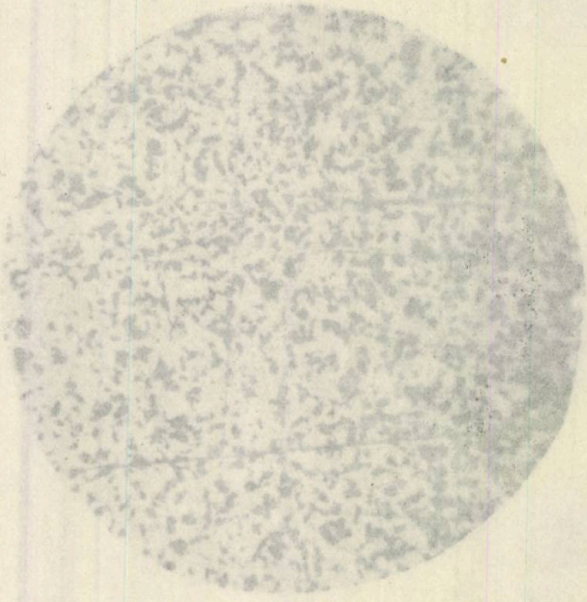


Fig. 2. Structura oţelului OLC 10 cementat la 830° C, timp de 8 ore



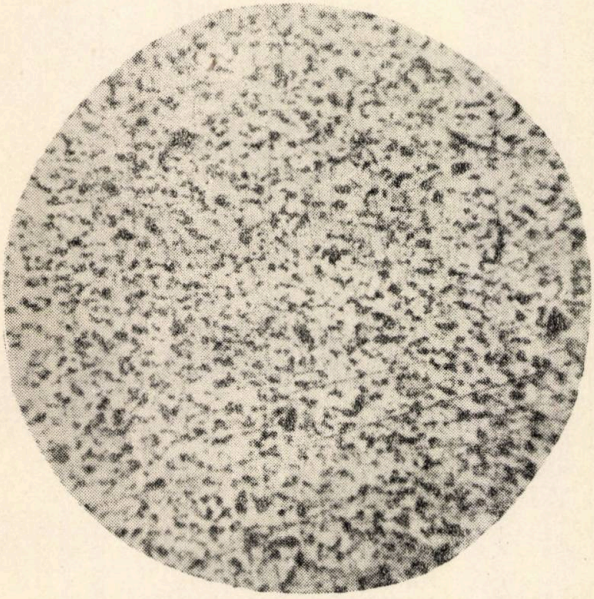


Fig. 3. Structura inițială a oțelului OLC 16

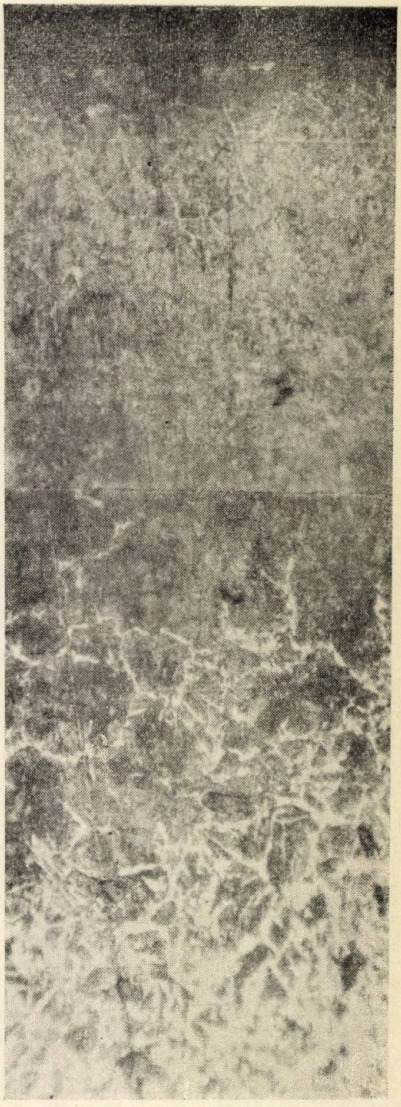
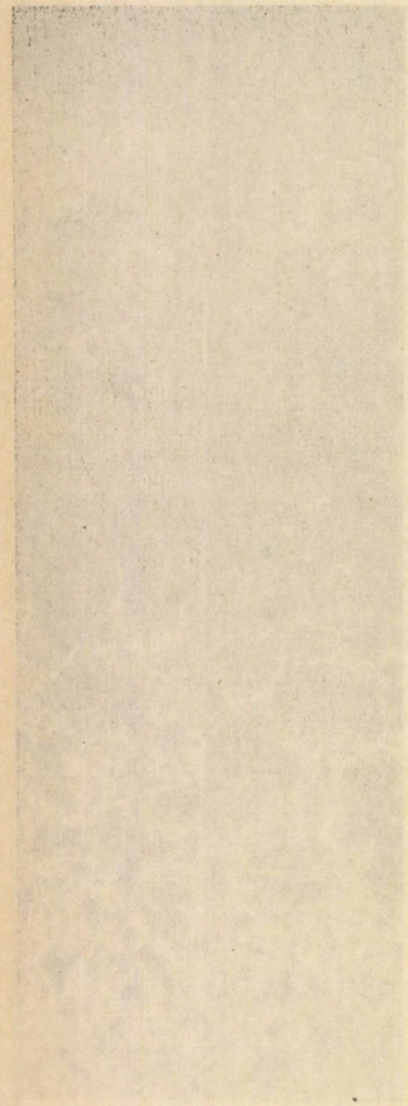


Fig. 4. Structura oțelului OLC 16 cementat la 880° C, timp de 8 ore



b respectiv pentru OLC16 și OLC10, cît și pentru cele călite (H_{RC}), curbele *c* și *d*, pentru OLC16 și OLC10, sînt reprezentate grafic.

Din datele experimentale obținute se vede că practic rezultatele cementării cu acest amestec pentru OLC10 și OLC16 sînt aceleași.

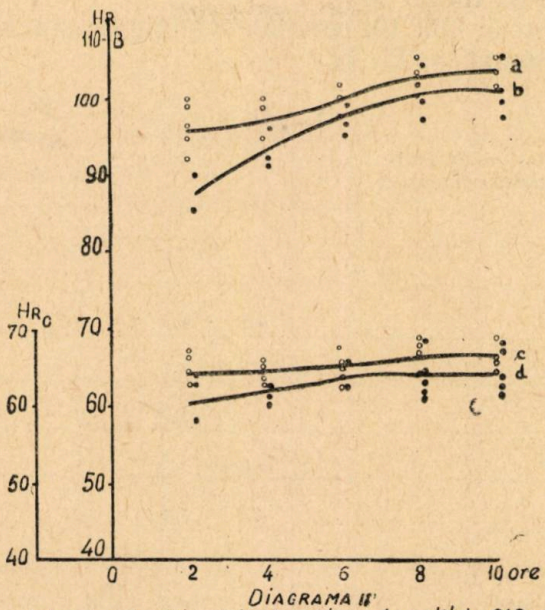


DIAGRAMA II

Variația durității oțelurilor carbon de calitate OLC 10 și OLC-16 cementate la 880° necălite și călite funcție de timp.

Pătrunderea cementării poate fi urmărită și pe microfotografiile din fig. 1, 2, 3, 4.

Atît la oțelul OLC10 cît și la oțelul OLC16 se observă variația continuă a structurii cu creșterea procentului de carbon de la centru unde avem oțelul moale, zona hipoeutectoidă în care predomină ferita, la zona eutectoidă de culoare închisă formată numai din perlită și la marginea piesei zona hipereutectoidă zona cea mai carburată, unde apare rețeaua caracteristică de cementită.

După cum se vede pe microfotografii, atît pătrunderea cît și gradul de cementare, pentru oțelurile OLC10 și OLC16 cementate cu amestecul nou, pot fi considerate practic aceleași.

In legătură cu rezultatele obținute, funcție de posibilitățile de etanșare a cutiilor cu argilă obișnuită se constată următoarele: argila obișnuită umezită ce astupă cutia în condițiile de lucru la cementare, crapă pe măsură ce se usucă, fapt ce dăunează rezultatelor obținute, care deși mulțumitoare, nu sînt cele optime. Bazat pe raționamentul că CO are densitate mai mică decît aerul $d = 0{,}967$, (aer $= 1$), izolînd cutiile în aceleași condiții și introducîndu-le în cuptor în poziție răsturnată s-au obținut rezultate superioare celor obținute în poziția normală. In felul acesta se micșorează pierderea de CO prin fisurile ar-

gilei, cît şi prin difuzia prin argilă. Intrucît CO_2 are densitate mai mare decît aerul, $d = 1{,}524$ (aer $d = 1$) existenţa unui strat de cărbune de lemn la fundul cutiei este util. Aceste rezultate sînt comparate în diagramele de pătrundere şi de variaţie a durităţii la piesele necălite şi călite în funcţie de timp.

Pentru oţelurile OLC10, rezultatele obţinute sînt oglindite în tabelele 3, 4 şi diagramele III, IV.

Tabela 3

Oţel carbon de calitate pentru cementare / Timp în ore	OLC 10	
	n	r
2	0,5 — 0,7	0,5 — 0,7
4	0,7 — 1,0	1,2 — 1,5
6	1,0 — 1,3	1,4 — 1,6
8	1,3 — 1,5	1,6 — 1,8
10	1,3 — 1,6	1,7 — 1,9

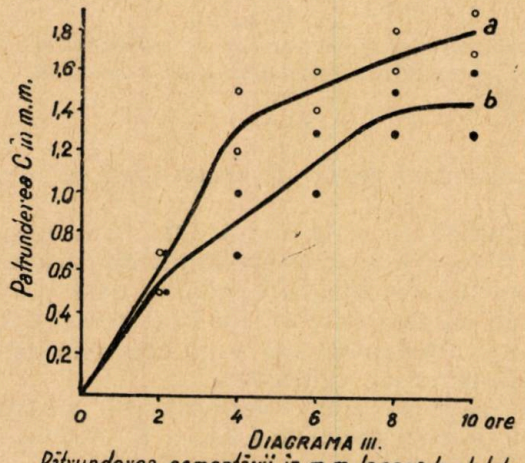


DIAGRAMA III.

Pătrunderea cementării în m.m. la 880° la oţelul carbon de calitate OLC-10 funcţie de timp cementare în cutii aşezate normal şi răsturnat.

Tabela 3 cuprinde datele experimentale cu privire la pătrunderea cementării în mm, pentru cele două poziţii ale cutiei normală (n) şi răsturnată (r), reprezentate grafic în diagrama III prin curbele *a* şi *b* respectiv pentru poziţia răsturnată şi normală.

Se vede că începînd de la 4 ore în sus, diferenţa de pătrundere este de cca. 0,4 mm.

Tabela 4 cuprinde datele cu privire la variația durității funcție de timp pentru cele două poziții ale cutiei normal (n) și răsturnat (r).

Tabela 4

Timp în ore / Duritatea			2	4	6	8	10
OLC 10	H_{R_B}	n	81, 83, 85, 89, 83	90, 96, 97, 98, 99	91, 93, 95, 97, 99	94, 96, 99, 100,100	93, 96, 95, 99, 96
		r	86, 90, 87, 90, 87	91, 92, 99, 98, 97	99,100, 95, 97, 99	97, 99,100, 104,100	99, 97,100, 105,100
	H_{R_B}	n	49, 50, 51, 53, 57	60, 60, 62, 61, 60	60, 62, 65, 66, 67	63, 64, 65, 66, 67	62, 64, 65, 67, 65
		r	57, 64, 60, 62, 63	60, 63, 61, 68, 64	65, 67, 68, 62, 66	66, 64, 66, 68, 63	62, 63, 67, 68, 64

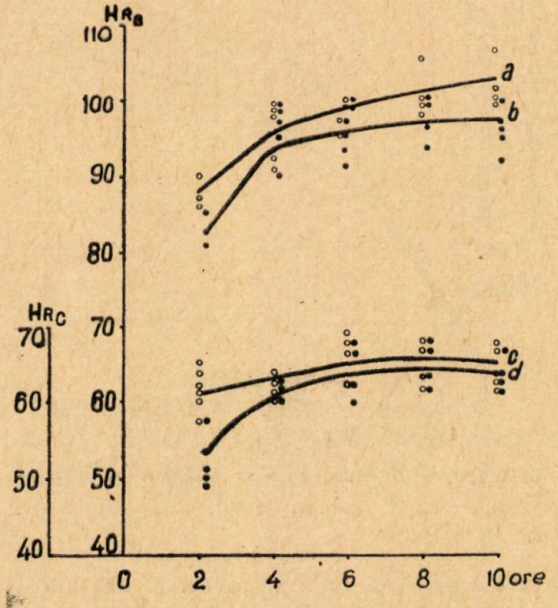


DIAGRAMA IV.

Variația durității oțelului carbon de calitate OLC-10 cementat la 880° necălite și călite cu cutii așezate normal și răsturnat, funcție de timp.

Aceste date sînt reprezentate grafic în diagrama IV, atît pentru oţelurile necălite (H_{RB}) curbele *a* şi *b*, cît şi pentru cele călite (H_{RC}) curbele *c* şi *d*.

Tabela 5

Oţel carbon de calitate pentru cementare / Timp în ore	OLC 16	
	n	r
2	0,4—0,7	0,5—0,7
4	0,8—1,0	1,2—1,4
6	1,0 - 1,3	1,4—1,5
8	1,1—1,4	1,5—1,7
10	1,2—1,5	1,6—1,8

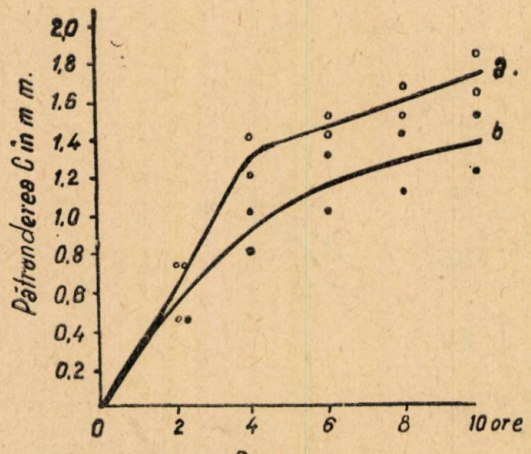


DIAGRAMA V.

Pătrunderea cementării în m.m. la 880° la oţelul carbon de calitate OLC 16 funcţie de timp cementate în cutii aşezate normal şi răsturnat.

Curbele *a* şi *c* se referă la poziţia răsturnată a cutiilor, iar curbele *b* şi *d* la poziţia normală a cutiilor în timpul cementării.

Asupra oţelului OLC16 de asemenea efectuîndu-se încercări în aceleaşi condiţii, s-au găsît rezultate analoage.

Datele experimentale sînt cuprinse în tabelele 5, 6 şi diagramele V, VI (notaţiile fiind aceleaşi).

Tabela 6

Duritatea \ Timp în ore			2	4	6	8	10
OLC 16	H_{R_B}	n	88, 91, 93, 94, 96	98, 97, 90, 100, 95	95,100, 98, 99, 100	98, 99, 100 100, 100	100,103,102 102, 102
		r	99,100, 98, 95, 97	99, 95, 100, 99, 100	100, 100, 98, 100, 100	100,102,103, 103, 100	103,102,105 103, 103
	H_{R_C}	n	60, 61, 63, 64, 66	63, 64, 62, 65, 64	65, 66, 62, 68, 65	67, 68, 62, 67, 66	66, 65, 68, 68, 69
		r	64, 62, 66, 77, 67	62, 63, 65, 66, 64	66, 62, 68, 65, 64	65, 67, 68, 68, 62	66, 65, 61, 69, 69

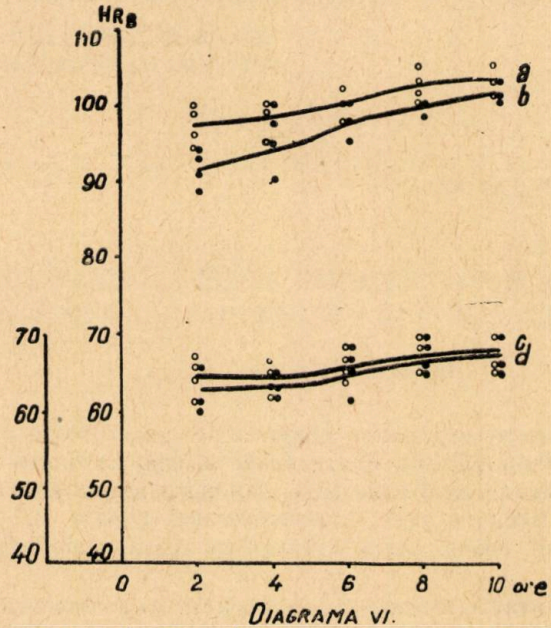


DIAGRAMA VI.

Variația durității oțelului carbon de calitate OLC 16 cementat la 880° necălite și călite în cutii așezate normal și răsturnat, în funcție de timp.

Din datele experimentale în condiţiile de lucru indicate mai sus, se constată o pătrundere mai mare în cazul cementării cu cutia răsturnată, însă compoziţia stratului exterior al piesei cît şi duritatea practic pot fi considerate aceleaşi.

Concluzii

1. Rezultatele obţinute arată că amestecul nou pe bază de $CaCO_3$ de compoziţie :

13% $CaCO_3$, 7% $NaCl$, 80% cărbune de lemn,

poate fi întrebuinţat ca amestec de cementare pentru oţelurile carbon de calitate pentru cementare OLC10 şi OLC16. Intervalul de temperaturi recomandat este cuprins între 870°-900°C, timp de 6-10 ore, în funcţie de adîncimea stratului cementat necesar care atinge 1,8-2 mm.

2. Metoda aşezării cutiilor în poziţie răsturnată (cu capacul în jos) folosită pentru obţinerea unei etanşeităţi mai bune, în cazul cînd practic nu se poate realiza etanşare bună este eficace, deoarece se observă pătrundere bună, duritate mare şi cementare uniformă.

3. Folosirea amestecului nou pe bază de $CaCO_3$ pentru cementarea oţelurilor carbon de calitate OLC10 şi OLC16 este avantajos din punct de vedere oconomic.

4. Ne propunem în continuare, să aplicăm amestecul de cementare pe bază de $CaCO_3$ şi la oţelurile allate pentru cementare.

Catedra de Tehnologia Metalelor
Catedra de Chimie Generală

BIBLIOGRAFIE

1. Fărcaş T., Golgoţiu T., Ailincăi Gh., Ciochină C. şi Andrei E, Acast Buletin, pp. 417-431.

ЦЕМЕНТАЦИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ (STAS 880-49) С НОВОЙ СМЕСЬЮ НА ОСНОВЕ $CaCO_3$

(Краткое содержание)

Работа содержит исследование цементации качественных углеродистых сталей (OLC 10 и OLC 16), стали особо предназначенные цементации.

Процесс цементации исполняется с помощью цементационной смеси образованной из древесного угля, углекальциевой соли и хлористого натрия (кристаллической соли), смесь которая не была использована до сих пор.

Опытные результаты сходны с полученными настоящими цементационными смесями, употреблямыми в производстве (смеси образованные из $BaCO_3$,$NaCO_3$ и т. п.). Найлучшая температура работы – 70°-900°.

Наблюдается для этого промежутка температуры, в зависимости от времени, толщина цементационного слоя, структура и твёрдость для закалённых и незакалённых изделий.

ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВ

Диаграмма I. Впитывание цементации для углеродистой стали OLC-10 и OLC-16, в мм, при 880°, в зависимости от времени.

Диаграмма II. Изменения твердости углеродистой закаленной и незакаленной стали OLC-10 и OLC-16, цементированной при 880°, в зависимости от времени.

Диаграмма III. Впитывание цементации для углеродистой стали OLC-10, в мм, при 880°, в зависимости от времени; в ящиках неперевёрнутых и перевёрнутых.

Диаграмма IV. Изменения твердости углеродистой закаленной и незакаленной стали OLC-10, цементированной при 880°, в неперевёрнутых и перевёрнуты и перевернутых ящнках, в зависимости от времени.

Диаграмма V. Впитывание цементации, в мм, для углеродистой стали OLC-16, в зависиости от времени, в ящиках неперевернутых и перевернутых.

Диаграмма VI. Изменения твердости углеродистой закаленной и незакаленной стали OLC-16, цементированной при 880°, в перевёрнутых и ненеревёрнутых ящиках, в зависимости от времени.

Рис. 1. Структура стали OLC-10.

Рис. 2. Структура стали OLC-10, цементированной 8 часов, при 880° ц.

Рис. 3. Структура стали OLC-16.

Рис. 4. Структура стали OLC-16, цементированной 8 часов, при 880° ц.

LA CÉMENTATION DES ACIERS CARBON DE QUALITÉ (STAS 880-49) AVEC UN NOUVEAU MÉLANGE À BASE DE $CaCO_3$

(Résumé)

Ce travail contient l'étude de la cémentation des aciers carbon de qualité OLC10 et OLC16, aciers destinés spécialement à la cémentation.

On exécute la cémentation à l'aide d'un mélange de carburation formé de charbon de bois, de carbonate de chaux, de chlorure de sodium (le sel gemme), mélange inusité jusqu'à présent.

Les résultats expérimentaux sont semblables à ceux obtenus par les actuels mélanges de cémentation employés dans l'industrie (mélanges formés de $BaCO_3$, $NaCO_3$, etc.).

La température optime de cémentation est placée entre 870°-900°.

On a poursuivi pour ce domaine des températures, en fonction du temps, l'épaisseur de la couche cémentée, la structure, ainsi que la dureté, obtenue pour les épreuves trempées et non trempées.

EXPLICATION DES FIGURES

Diagramme I. La pénétration de la cémentation en mm, à 880°, chez les aciers carbon de qualité OLC 10 et OLC 16 en fonction du temps.

Diagramme II. La variation de la dureté des aciers carbon de qualité OLC 10 et OLC 16, cémentés à 880°, trempés et nontrempés, en fonction du temps.

Diagramme III. Le pénétration de la cémentation en mm, chez l'acier carbon de qualité OLC 10 en fonction du temps. Cémentation dans des boites en position normale où renversée.

Diagramme IV. La variation de la dureté de l'acier carbon de qualité OLC 10 cémenté à 890°, trempé et nontrempé. Cémentation dans des boites en position normale où renversée.

Diagramme V. La pénétration de la cémentation en mm à 880° chez l'acier carbon de qualité OLC 16 en fonction du temps. Cémentation dans des boites en position normale où renversée.

Diagramme VI. La variation de la dureté de l'acier carbon de qualité OLC 16 cémenté à 880°, trempé et nontrempé en fonction du temps. Cémentation dans des boites en position normale où renversée.

Fig. 1. La structure initiale de l'acier OLC 10.

Fig. 2. La structure de l'acier OLC 10 cémenté en 8 heures, à 880°C.

Fig. 3. La structure initiale de l'acier OLC 16.

Fig. 4. La structure de l'acier OLC 16 cémenté en 8 heures, à 880°C.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1–2, 1955

CEMENTAREA OŢELURILOR CARBON CU AMESTEC NOU PE BAZĂ DE DOLOMITĂ

DE

TOMA FĂRCAŞ, TIBERIU GOLGOŢIU, GH. AILINCĂI,
C. CIOCHINĂ şi EMIL ANDREI

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Posibilitatea de a cementa oţelurile carbon cu un amestec pe bază de $CaCO_3$, ne-a sugerat ideea de a încerca cementarea cu un nou amestec cu preţ redus pe bază de dolomită.

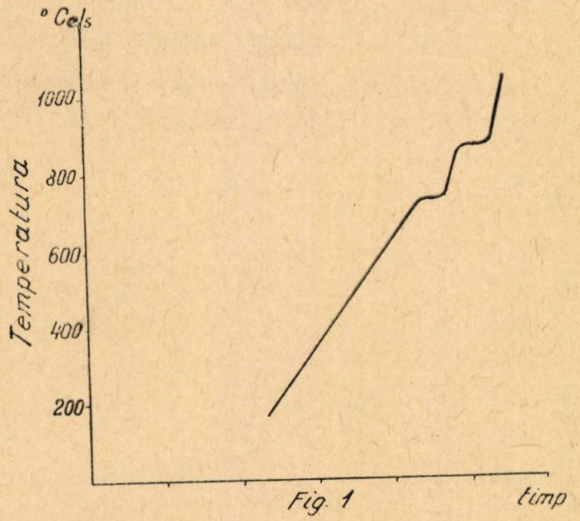


Fig. 1

Curba de încălzire a dolomitei cu punctele critice de descompunere.

Ne-am fixat asupra dolomitei, ea fiind un carbonat dublu de calciu şi magneziu. De asemenea am luat în considerare temperaturile de descompunere [1] reprezentate în diagrama din fig. 1, care asigură o dezvoltare de CO_2 suficientă.

In experienţele efectuate s-a utilizat dolomită de la Teliuc-Hunedoara cu 95% $CaCO_3$. $Mg.CO_3$ (1,1/0,89).

Incercările au urmărit determinarea compoziţiei optime a amestecului cărbune-dolomită, prin variaţia procentului de dolomită. Pentru obţinerea de date comparative, condiţiile de lucru alese au fost 880°C timp de 6 ore.

Experien ele s-au efectuat pe oţelul OL34 de secţiune circulară 8 mm ce poate fi utilizat la cementare.

Tabela 1

Dolomită %	10%	15%	20%	25%	30%	40%
Pătrunderea cementării în mm (6 ore—880)	0,5—0,7	0,6—0,8	0,7—0,9	0,6 0,8	0,5 - 0,7	0,4 - 0,5

Tabela 2

Dolomită % / Duritatea	10%	15%	20%	25%	30%	40%
H_{R_B}	86,85,86	85,86,87	87,88,90	86,87,90	80,81,83	75,76,77
	87,89,93	88,91,94	92,93,94	91,92,92	87,89,93	79,82,84
H_{R_C}	52,56,58	57,58,59	57,59,63	56,58,59	58,59,59	49,50,51
	60,61,60	59,60,61	61,60,59	60,61,59	57,58,59	48,49,52

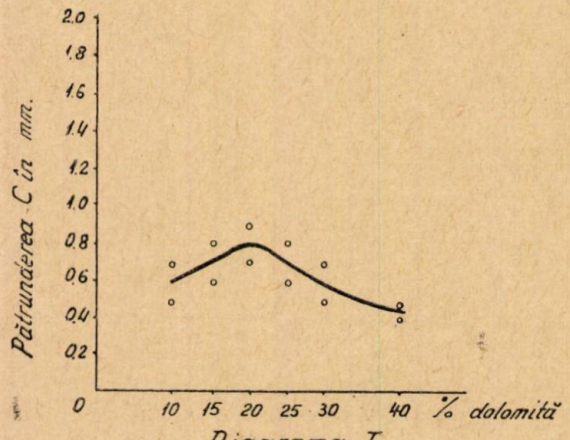


Diagrama I

Pătrunderea cementării la 880° timp de 6 ore la oţelul OL 34 funcţie de compoziţia amestecului (cărbune + dolomită)

Rezultatele experimentale sînt ilustrate în tabelele 1, 2 şi diagramele I, II.

Tabela 1 cuprinde datele experimentale referitor la pătrunderea cementării în mm funcție de compoziția amestecului, variind cantitatea de dolomită la 880°C timp de 6 ore; reprezentarea grafică este dată în diagrama I.

Tabela 2 cuprinde datele experimentale referitor la variația durității funcție de compoziția amestecului, reprezentate grafic în diagrama II, curbele *a* și *b* respectiv pentru piesele necălite (H_{RB}) și călite (H_{RC}).

Din rezultatele experiențelor, se determină ca fiind amestecul optim de următoarea compoziție:

20% dolomită, 80% cărbune de lemn.

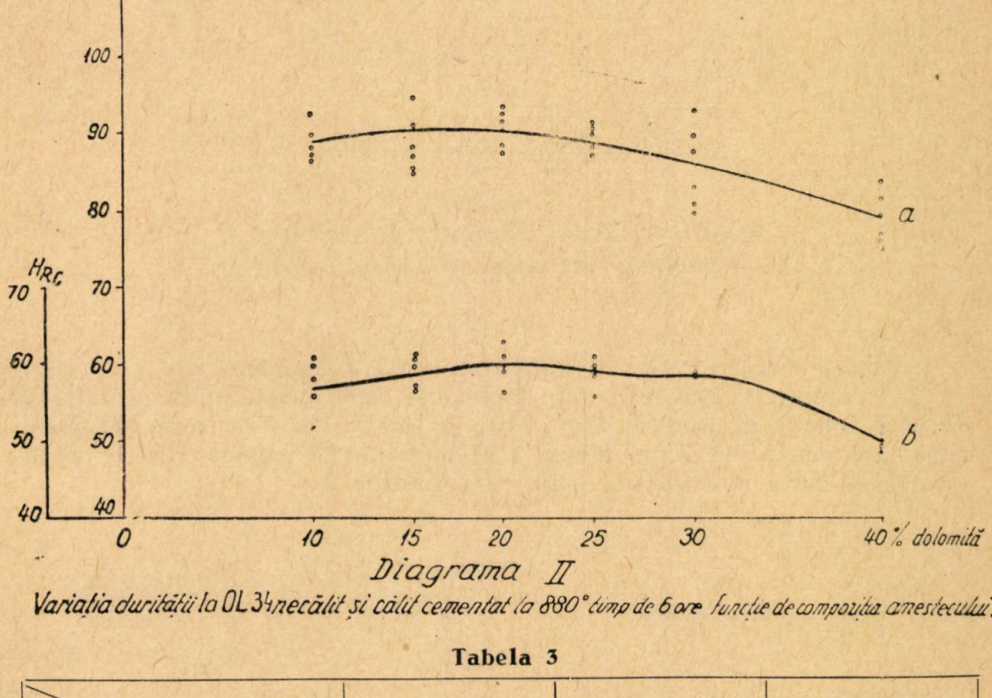


Diagrama II

Variația durității la OL 3½ necălit și călit cementat la 880° timp de 6 ore funcție de compoziția amestecului.

Tabela 3

Temp. °C / Timp în ore	840°	880°	920°
2	0,1 — 0,2	0,2 — 0,3	0,6 — 0,8
4	0,2 — 0,3	0,6 — 0,7	0,8 — 1,0
6	0,3 — 0,4	0,7 — 0,9	1,0 — 1,2
8	0,4 — 0,6	0,8 — 1,0	1,2 — 1,4
10	0,5 — 0,7	0,9 — 1,0	1,4 — 1,5

Cu amestecul optim s-au făcut experienţe pentru determinarea condiţiilor de lucru avantajoase urmărindu se pătrunderea cementării funcţie de timp şi temperatură.

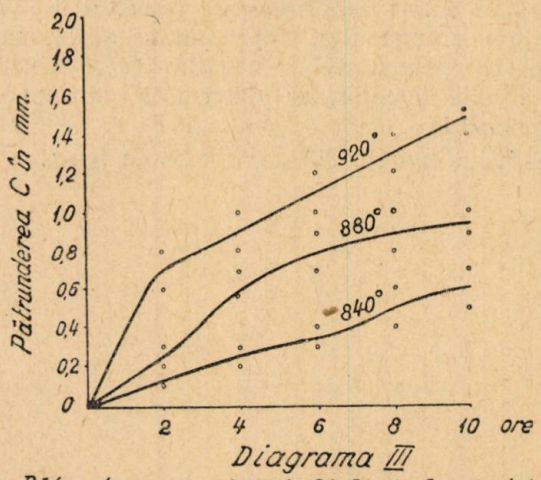


Diagrama III

Pătrunderea cementării la OL 34 în funcţie de timp şi temperatură pentru amestecul: 80% cărbune + 20% dolomită.

Tabela 3 şi diagrama III ilustrează aceste rezultate.

De asemenea s-au efectuat experienţe pentru determinarea variaţiei durităţii funcţie de timp la 840°, 880°, şi 920°C. Dăm ca exemplu rezultatele obţinute la 880°C în tabela 4 şi diagrama IV pentru piesele necălite (H_{RB}) curba *a* şi piesele călite (H_{RC}) curba *b*.

Tabela 4

Timp în ore / Duritatea	2	4	6	8	10
H_{RB}	68,68,69	81,86,87	87,87,89	85,89,94	89,90,93
	70,68,69	91,88,89	93,92,89	97,92,90	97,94,88
H_{RC}	46,44,50	56,57,60	56,58,59	57,60,61	58,59,60
	48,45,50	62,63,60	60,62,64	62,63,62	61,62,59

Din datele experimentale obţinute se poate trage concluzia că acest amestec, deşi utilizabil, nu este economic, întrucît rezultatele bune se obţin abia pentru temperaturi peste 920°C.

Intrucît în cercetările precedente efectuate de noi referitor la baza teoretică a proceselor termochimice, ce au loc în prezența NaCl în amestecurile de cementare [2], cît și prin experiențele efectuate cu BrNa, Na_2O, alături de cărbune se constată o activizare a amestecului de cementare; această activizare ce se verifică în special în cazul utilizării combinațiilor de Na, ne îndreptățește a afirma existența și a unui rol catalitic al sodiului în procesul de cementare. In această direcție amintim lucrarea ing. S. Avramescu [3] care plecînd de la alte considerente, ajunge la concluzia rolului catalitic al NaCl în amestecurile de cementare.

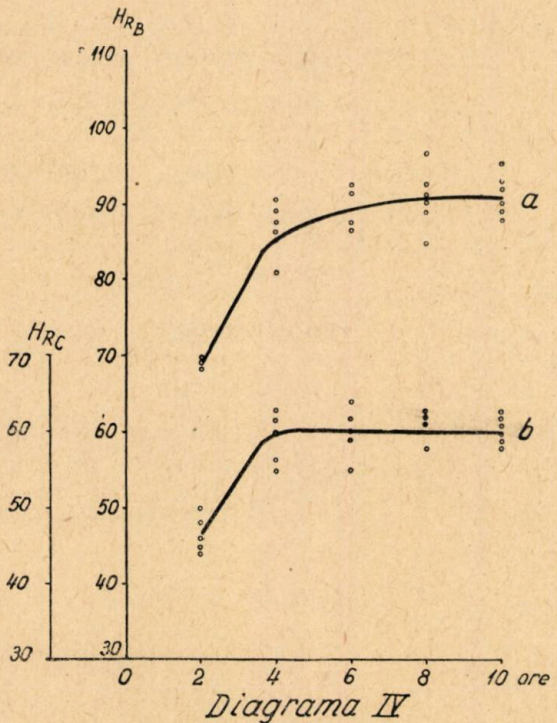


Diagrama IV

Variația durității oțelului OL 34 necălit și călit funcție de timp cementat la 880° cu 80% C + 20% dolomită.

In lumina celor expuse, am considerat că este folositoare utilizarea NaCl în amestec alături de dolomită.

Pentru a se obține date comparative, s-au stabilit drept condiții de lucru temperatura 880°C și timpul de 6 ore.

Experiențele au urmărit:

1. Stabilirea raportului între dolomită și sare.

2. Studierea pătrunderii cementării funcție de timp și temperatură, prin analiza micrografică și determinarea durităților.

1. Pentru stabilirea raportului între dolomită și NaCl, s-au făcut următoarele experiențe:

Variind procentul de dolomită şi menţinînd constant procentul de NaCl, determinînd de asemenea durităţile corespunzătoare (tabela 7, diagrama VII, curbele *a* şi *b* respectiv pentru probele necălite (H_{RB}) şi călite (H_{RC}) cît şi pătrunderea cementării (tabela 6, diagrama VI).

Tabela 5

NaCl % / Duritatea	3%	5%	7%	10%	15%	20%
H_{R_B}	87,90,91 92,93,94	96,97,98 99,100,99	97,98,100 101,102,96	93,94,97 97,99,98	90,91,92 94,96,96	87,90,94 95,97,99
H_{R_C}	57,58,59 60,62,61	57,58,60 61,63,60	58,60,61 62,63,59	57,58,60 62,63,59	57,53,58 60,60,60	55,58,59 60,61,60

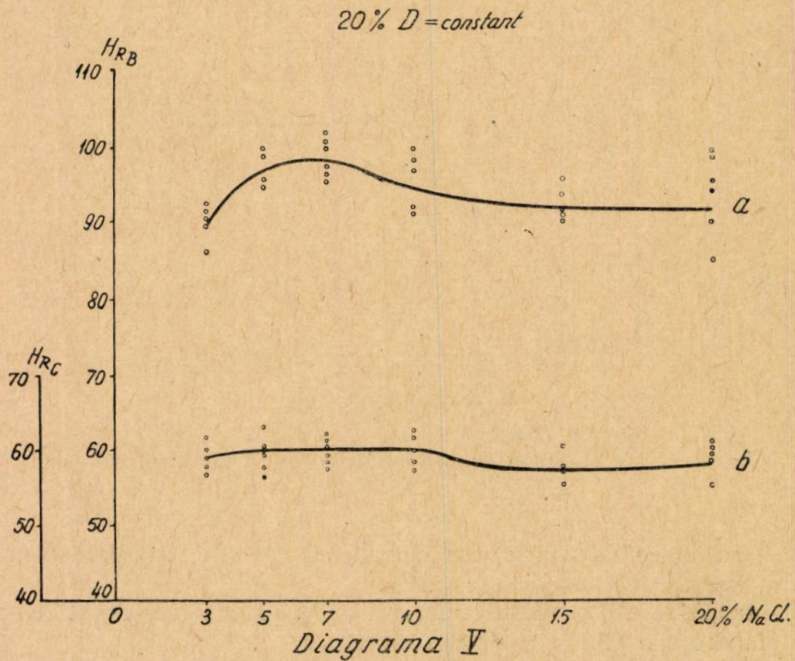


Diagrama V

Variaţia durităţii oţelului OL 34 necălit şi călit cementat timp de 6 ore la 880° funcţie de compoziţia amestecului.

Variind procentul de dolomită şi menţinînd constant procentul de NaCl, determinînd de asemenea durităţile corespunzătoare (tabela 7, dia-

Tabela 6

20 % dolomită = const.

NaCl %	3%	5%	7%	10%	15%	20%
Pătrunderea cementării în mm 6 ore, 880°	0,8—0,9	1,3 - 1,4	1,3 - 1,5	1,2—1,4	1,1—1,3	1,0—1,1

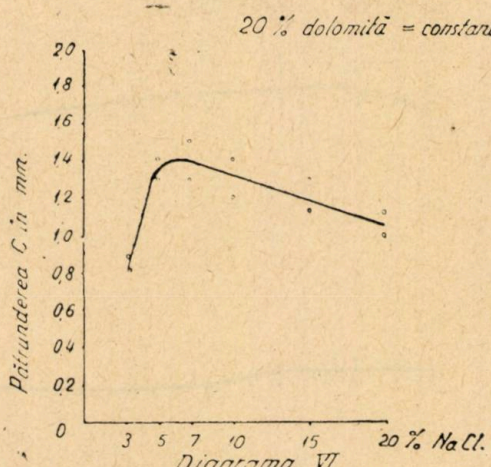


Diagrama VI.

Pătrunderea cementării la 880° timp de 6 ore la oțelul OL 34 funcție de compoziția amestecului (cărbune + dolomită + NaCl.)

grama VII, curbele *a* și *b* respectiv pentru probele necălite (H_{RB}) și călite (H_{RC}), cît și pătrunderea cementării (tabela 8, diagrama VIII).

Tabela 7

Duritatea \ Dolomită %	10%	15%	20%	25%	30%	40%
H_{RB}	90,95,96 97,90,96	96,97,98 100,98,100	97,98,100 101,102,96	95,96,99 98,97,96	94,95,96 94,97,98	88,91,94 96,88,89
H_{RC}	58,59,59 60,61,62	58,59,60 62,61,63	59,59,60 61,63,62	57,58,59 60,62,59	57,58,59 59,60,61	57,58,59 60,60,61

Din rezultatele obținute oglindite în tabelele și diagramele indicate mai sus, se constată că duritatea și pătrunderile optime, pentru piesele

cementate necălite și călite, în condițiile de lucru indicate, se obțin pentru amestecul de:

20% dolomită, 7% NaCl, 73% cărbune de lemn.

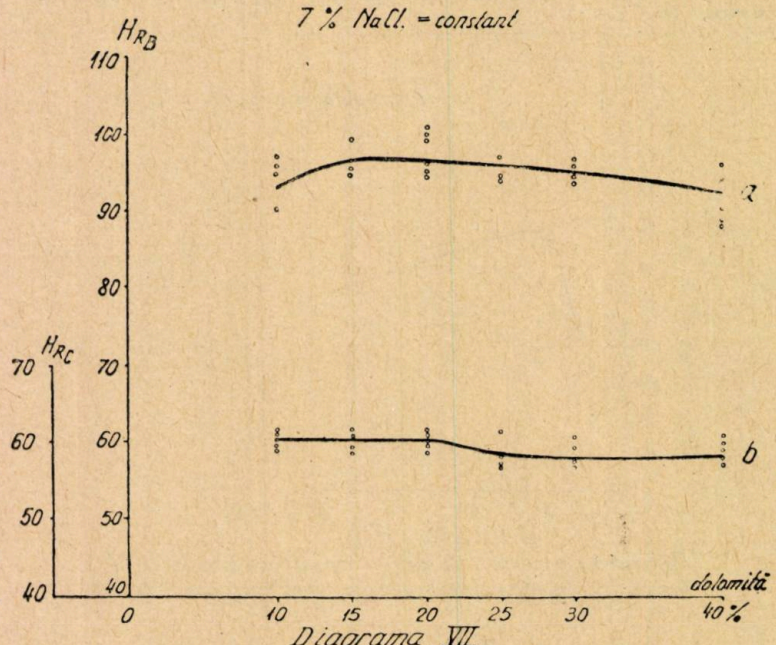


Diagrama VII

Variația durității oțelului OL 34 necălit și călit și cementat la 880° timp de 6 ore, funcție de compoziția amestecului.

2. Pentru determinarea condițiilor optime de lucru cu acest amestec, s-au efectuat o serie de experiențe asupra oțelului OL34, urmărindu-se pătrunderea cementării în mm funcție de timp și temperatură (tabela 9, diagrama IX).

Tabela 8

Dolomită	10%	15%	20%	25%	30%	40%
Pătrunderea cementării în mm (6 ore, 880°)	0,8—1,0	1,2—1,3	1,3—1,5	1,1—1,3	1,0—1,3	0,9—1,1

De asemenea s-au efectuat experiențe pentru determinarea variației durității funcție de timp la 800°, 840°, 880° și 920°C.

Dăm ca exemplu rezultatele obținute la 880°C în tabela 10 și diagrama X, pentru piesele necălite (H_{RB}) curba *a* și piesele călite (H_{RC}) curba *b*.

Din rezultatele obținute se poate constata că cementarea cu acest amestec dă rezultate bune la temperaturi peste 840°C.

Considerăm că intervalul de temperaturi 870° — 900°C este adecvat pentru cementarea cu acest amestec, atît din punct de vedere al pătrunderii cît și al durității.

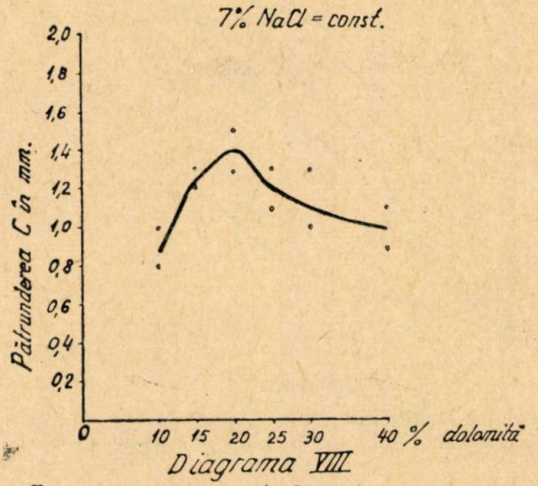


Diagrama VIII

Pătrunderea cementării la 880° timp de 6 ore la oțelul OL 34 funcție de compoziția amestecului (cărbune + dolomită + NaCl.)

Tabela 9

Temp. °C / Timp. în ore	800°	840°	880°	920°
2	0,1—0,2	0,3—0,5	0,3—0,5	0,8 - 1,0
4	0,2 - 0,3	0,8 - 1,1	0,9—1,2	1,3—1,5
6	0,3—0,5	1,0—1,3	1,3—1,5	1,5—1,7
8	0,6—0,8	1,3—1,5	1,5—1,7	1,8—2,0
10	0,7 - 0,8	1,3 - 1,6	1,7—2,0	1,9—2,2

Rolul activant al NaCl în amestecul de cementare pe bază de dolomită, reiese din datele comparative de pătrundere și variația durității funcție de timp la cementarea oțelului OL34 în aceleași condiții de lucru la 880°C cu cele două amestecuri:

a) 20% dolomită, 80% cărbune de lemn.
b) 20% dolomită, 7% NaCl, 73% cărbune de lem.

Datele experimentale sînt cuprinse în tabelele 11, 12 şi diagramele XI, XII.

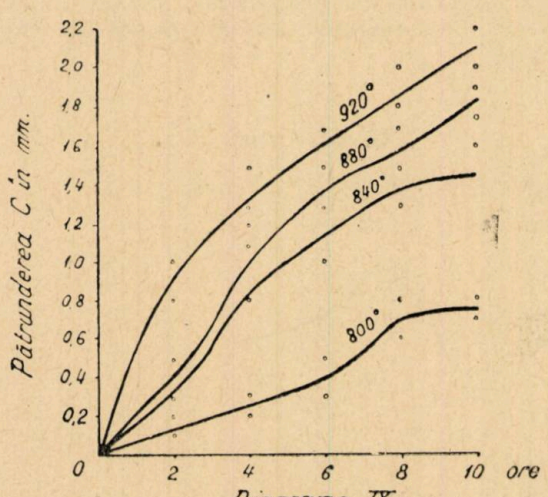


Diagrama IX.

Pătrunderea cementării la OL 34 în funcţie de timp şi temperatură (cărbune + dolomită + NaCl.)

Tabela 11 cuprinde datele referitoare la pătrunderea cementării în mm funcţie de timp pentru cele două amestecuri, reprezentate grafic în diagrama XI, curba *a* se referă la cementarea cu amestecul ce conţine NaCl, iar curba *b* la amestecul fără NaCl.

Tabela 10

Timp în ore / Duritatea	2	4	6	8	10
H_{R_B}	65,66,69	90,92,94	97,98,99	97,96,98	97,99,97
	72,74,78	96,98,94	100,102,96	99,100,101	99,97,99
H_{R_C}	39,40,48	57,60,62	60,61,62	60,62,63	61,60,62
	49,50,45	59,60 62	63,60,59	64,62,62	63,62,63

Tabela 12 cuprinde datele referitoare la variaţia durităţii funcţie de timp, pentru piesele cementate necălite şi călite, reprezentate grafic în diagrama XII. Curbele *a* şi *b* indică variaţia durităţii pentru piesele cementate necălite (H_{RB}) respectiv pentru amestecul ce conţine NaCl şi amestecul fără NaCl. Curbele *c* şi *d* indică variaţia durităţii pentru piesele

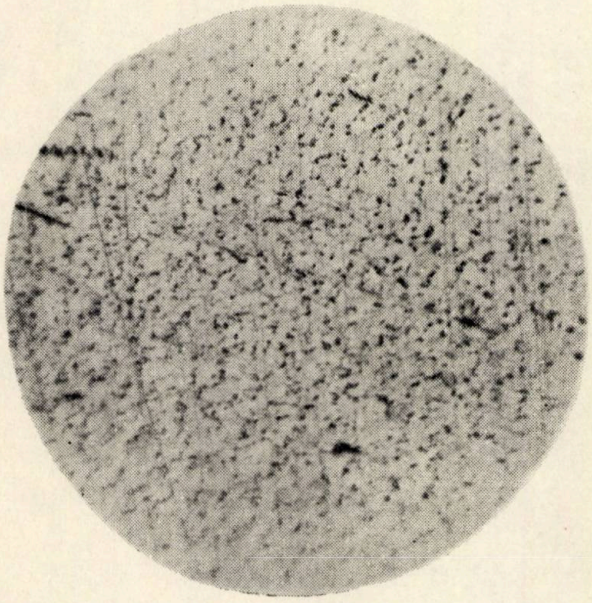


Fig. 2 Structura inițială a oțelului OL 34

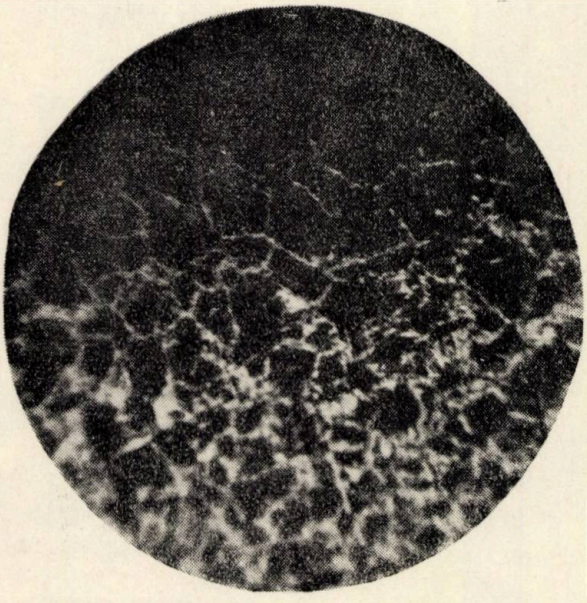


Fig 3. Structura oțelului OL 34 cementat cu amestecul fără Na Cl.

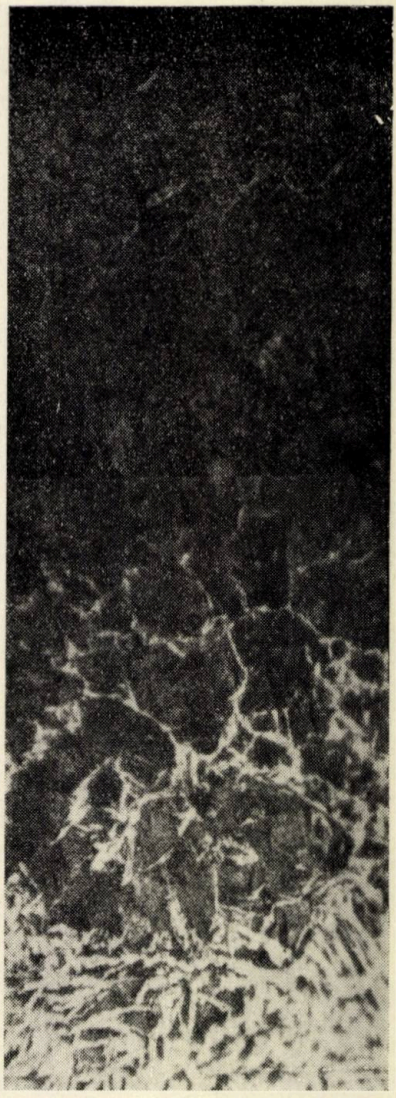
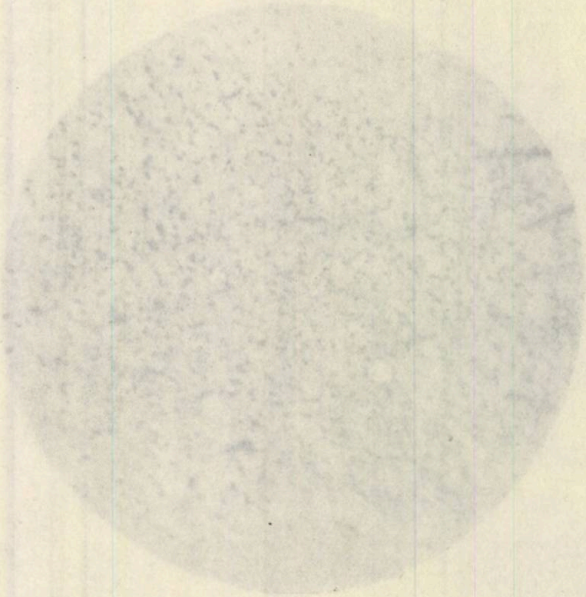
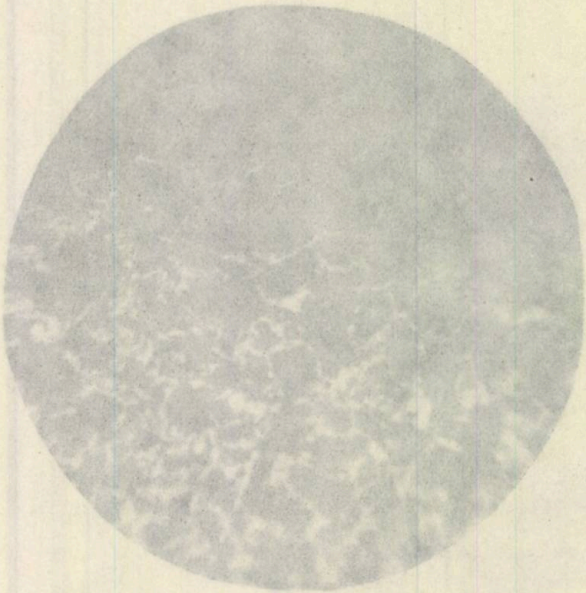


Fig. 4. Structura oțelului OL 34 cementat cu amestec ce conține Na Cl





cementate călite (H_{RC}), respectiv pentru amestecul ce conține NaCl și amestecul fără NaCl.

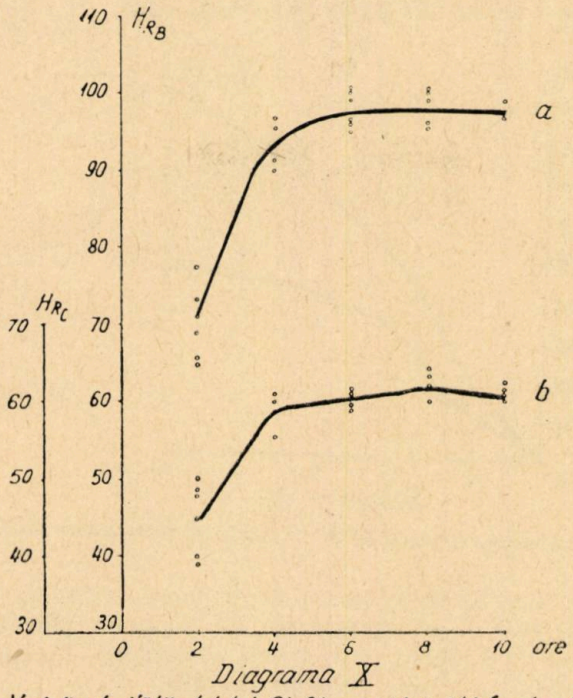


Diagrama X

Variația durității oțelului OL 34 necălit și călit funcție de timp cementat la 880° (cărbune + dolomită + NaCl)

Pătrunderea cementării la 880°C timp de 8 ore pentru cele două amestecuri, la oțelul OL34 poate fi urmărită și pe microfotografii (fig. 2, 3, 4).

Tabela 11

Mediu de carburare / Timp în ore	cărbune + dolomită	cărbune + dolomită + NaCl
2	0,2 — 0,3	0,3 — 0,5
4	0,6 — 0,7	0,9 — 1,2
6	0,7 — 0,9	1,3 — 1,5
8	0,8 — 1,0	1,5 — 1,7
10	0,9 — 1,0	1,7 — 2,0

Rezultatele bune obţinute la comentarea oţelului OL34, cu amestec pe bază de dolomită ce conţine NaCl, oglindite în tabelele, diagramele şi microfotografiile de mai sus, ne-a determinat să-l aplicăm şi la oţelurile carbon de calitate OLC10 şi OLC16 (Stas 880 — 49).

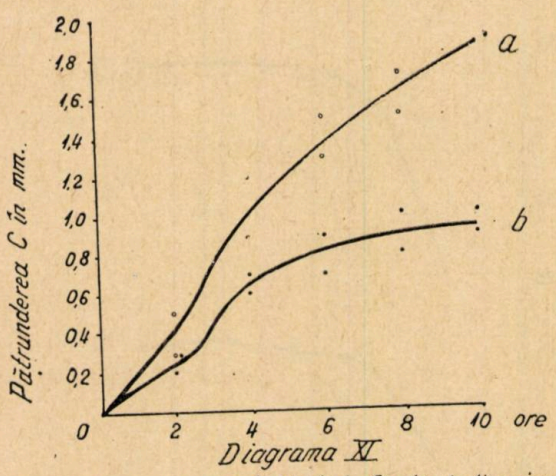


Diagrama XI

Pătrunderea cementării la OL 34 în funcţie de timp şi amestec la 880°

Experienţale s-au făcut în condiţiile de lucru obişnuite de cementare la temperatura de 880°C, pe eşantioane de secţiune pătrată $l = 10$ mm.

S-a urmărit determinarea pătrunderii cementării funcţie de timp şi variaţia durităţii pentru piesele necălite şi călite.

Tabela 12.

Timp în ore / Duritatea		2	4	6	8	10
cărbune + dolomită	H_{R_C}	66,68,69 70,68,69	81,86,87 91,88,89	87,87,89 93,92,89	89,89,94 94,92,90	89,90,93 94,94,88
	H_{R_B}	40,44,50 48,45,50	56,57,60 62,63,60	56,58,59 60,62,64	57,60,61 62,63,62	58,59,60 61,62,59
cărbune + dolomită + NaCl	H_{R_B}	65 66,69 72,74,78	90,92,94 96,98,94	97,98,99 100,101,96	97,96,98 99,100,101	97,99,97 99,97,99
	H_{R_C}	39,40,46 49,50,45	57,60,62 59,60,62	60,61,62 63,59,60	60,62,63 64,62,62	61,60,62 63,62,63

Rezultatele experiențelor sînt date în tabelele 13, 14 și diagramele XIII, XIV.

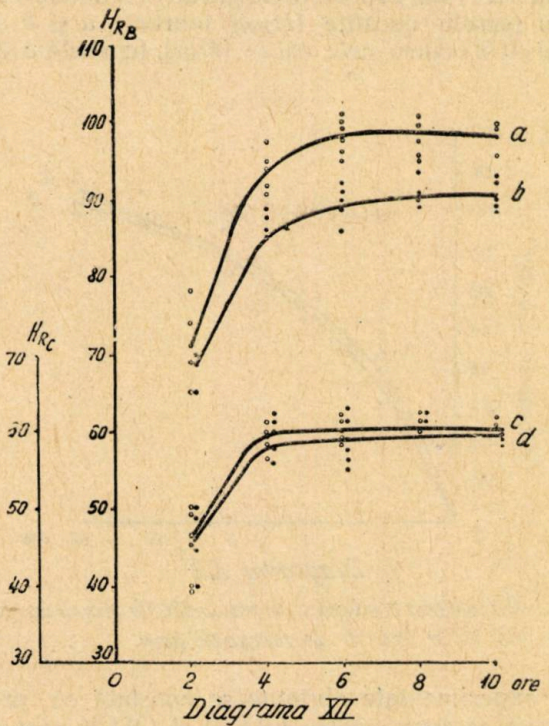


Diagrama XII

Variația durității oțelului OL 34 recălit și călit funcție de timp și amestec cementat la 880°

Tabela 13 cuprinde datele experimentale obținute pentru oțelurile OLC10 și OLC16 la pătrundere funcție de timp, în mm.

In diagrama XIII, rezultatele la pătrundere sînt reprezentate grafic; curba *a* pentru OLC10 și curba *b* pentru OLC16.

Tabela 13

Oțel carbon de calitate pentru cementare / Timp în ore	OLC 10	OLC 16
2	0,7 — 0,9	0,7 — 0,9
4	1,1 — 1,3	1,0 — 1,2
6	1,3 — 1,5	1,3 — 1,5
8	1,4 — 1,7	1,4 — 1,6
10	1,6 — 1,8	1,6 — 1,7

Tabela 14 cuprinde datele experimentale referitoare la variaţia durităţii oţelurilor OLC10 şi OLC16, funcţie de timp.

In diagrama XIV, sînt reprezentate grafic rezultatele obţinute pentru durităţi, atît pentru piesele necălite (H_{RB}) (curbele *a* şi *b* respectiv pentru OLC10 şi OLC16) cît şi pentru cele călite (H_{RC}), (curbele *c* şi *d* pentru OLC10 şi OLC6).

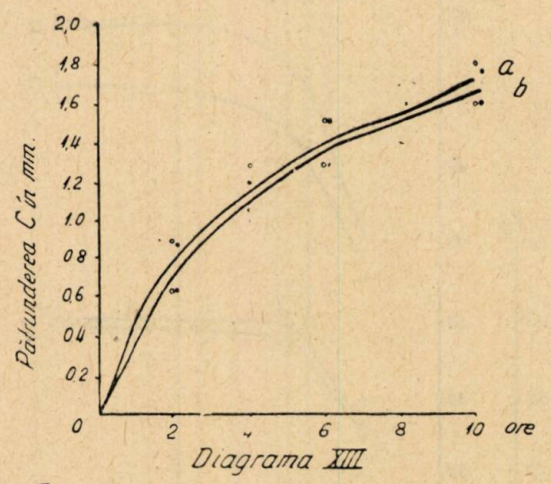


Diagrama XIII

Pătrunderea cementării în mm. la 880° la oţelurile carbon OLC-10 şi OLC-16 în funcţie de timp.

Din datele experimentale obţinute se constată că practic rezultatele cementării cu acest amestec pentru OLC10 şi OLC16 sînt aceleaşi.

Tabela 14

Duritatea \ Timp în ore		2	4	6	8	10
OLC 10	H_{RB}	90,92,93 93,96,97	95, 95,100 100,101,102	95, 98,101 102,104,105	97, 99,101 101,103,105	101,102,102 103,101,102
	H_{RC}	63,65,66 62,64,65	63, 65, 66 62, 67, 65	64, 65, 66 67, 64, 62	65, 66, 67 68, 62, 64	66, 67, 68 67, 65, 63
OLC 16	H_{RB}	98, 99,100 101,101,100	102,103,104 105,106,107	102,103,105 106,107,105	105,105,106 105,107,107	104,106,107 105,106,107
	H_{RC}	65, 66, 64 63, 66, 63	67, 64, 65 66, 63, 66	64, 67, 65 67, 63, 65	66, 65, 66 65, 66, 65	65, 66, 67 66, 67, 65

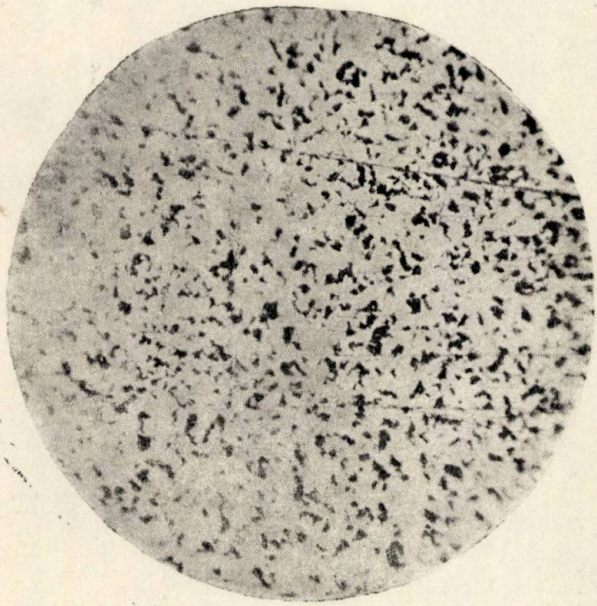


Fig. 5. Structura inițială a oțelului OLC 10

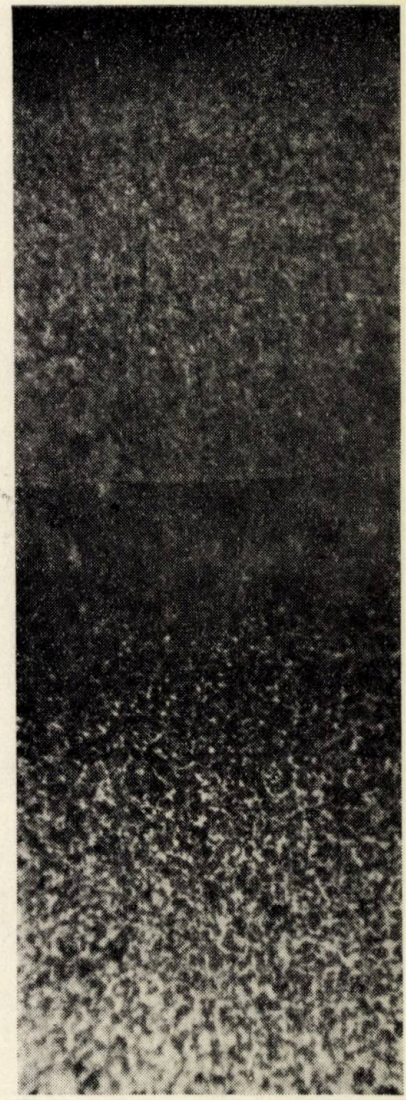


Fig. 6. Structura oțelului OLC 10 cementat la 880° C, timp de 8 ore

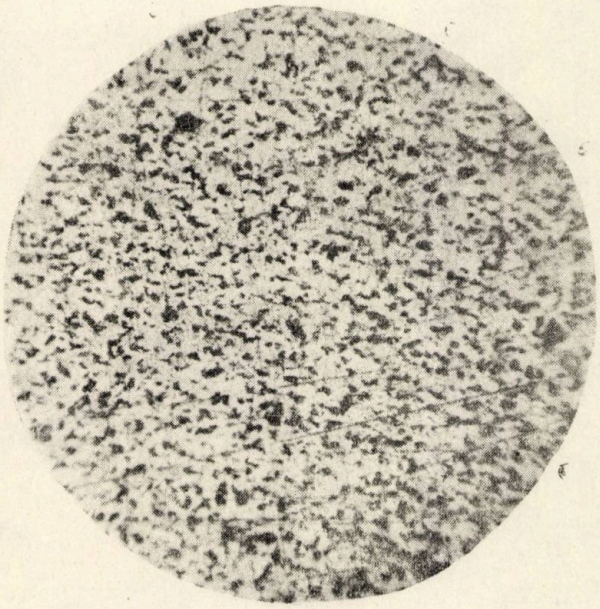


Fig. 7. Structura inițială a oțelului OLC 16

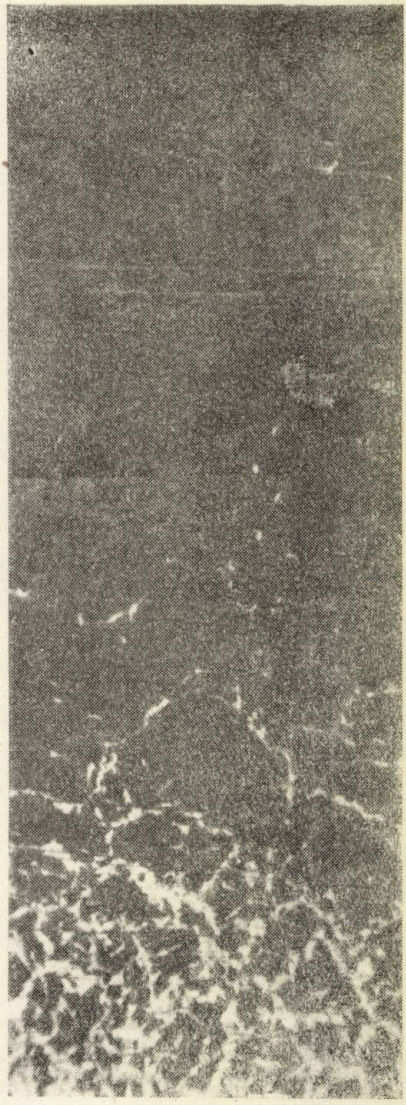
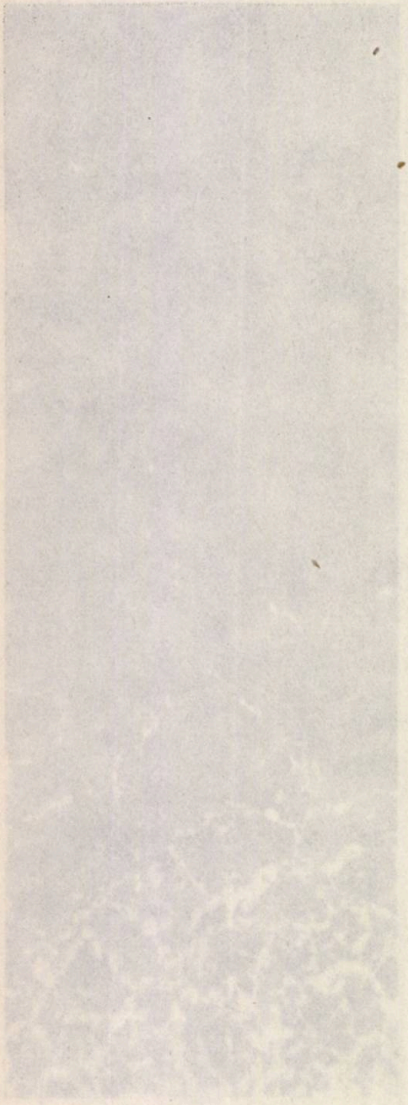


Fig. 8. Structura oțelului OLC 16 cementat la 880° C, timp de 8 ore



Pătrunderea cementării poate fi urmărită și pe microfotografiile din fig. 5, 6, 7, 8.

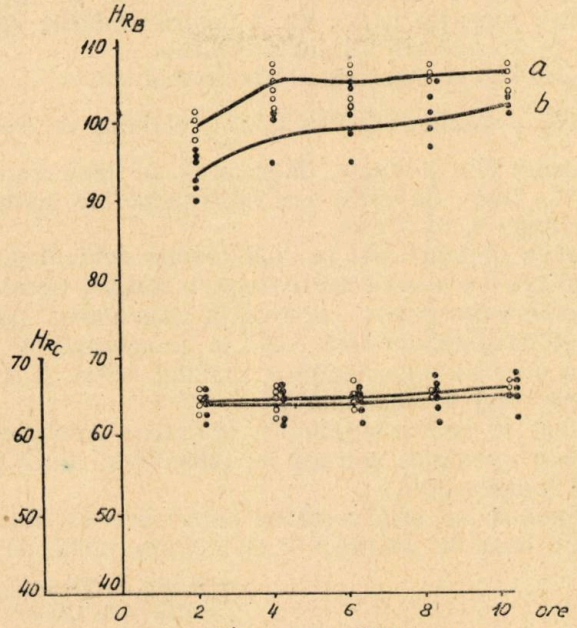


Diagrama XIV

Variația durității oțelurilor carbon de calitate OLC-10 și OLC-16, cementate la 880° călite și necălite funcție de timp, cu amestec (cărbune + dolomită + NaCl.)

Atît la oțelul OLC10 cît și la oțelul OLC16 se observă o cementare uniformă și o variație continuă a structurii, de la zona hipoeutectoidă la zona hipereutectoidă.

Important pentru obținerea rezultatelor practice mulțumitoare este și modul de preparare al amestecului.

Atît dolomita cît și NaCl trebuie să fie sub formă de pulbere fină pentru ca să se poată produce reacția între ele sub forma stratului subțire în care se găsesc în amestec. Cărbunele trebuie să fie în bucăți de dimensiuni de cca. 10 mm. Pot fi și anumite procente de praf de cărbune, dar nu este recomandabil pentru protecția muncii.

Pentru obținerea unui amestec omogen, trebuie atît dolomita brută cît și NaCl, să fie sub formă de pulbere fină ce se pot obține prin măcinarea în mori cu bile și apoi cernute prin cele mai fine site (STAS 1077-50). Pudrele fine de dolomită și NaCl se amestecă între ele. Se recomandă ca să se amestece și cu un procent mic de praf de cărbune ce ajută la aderarea prafului de cementare pe suprafața cărbunilor. Praful de cementare astfel preparat se fixează pe suprafața cărbunilor ce trebuie umeziți în prealabil.

Concluzii

1. Dolomita poate fi utilizată într-un amestec de carburare pentru cementare, alături de cărbune, în prezenţa clorurei de sodiu (sare industrială), atît pentru oţelurile OL34, cît şi pentru oţelurile de calitate pentru cementare, STAS 880-49: OLC10 şi OLC16.

2. Amestecul optim determinat este format din:

20% dolomită, 7% NaCl, 73% cărbune de lemn,

socotite în procente din greutate. Intervalul de temperaturi recomandat este 870°-900°C, timp de 6-10 ore în funcţie de adîncimea stratului necesar, care atinge 1,8-2,0 mm.

3. Rezultatele obţinute sînt în mod practic echivalente cu cele ce se obţin la cementarea cu amestecuri ce conţin $BaCO_3$ (feridon lent).

4. Din datele comparative obţinute la cementarea oţelului OL34 cu amestec pe bază de dolomită fără NaCl şi cu amestec pe bază de dolomită ce conţine o combinaţie neutră a sodiului, reiese şi rolul de activant al sodiului în procesul de cementare.

5. Din punct de vedere economic, utilizarea dolomitei în amestecul de cementare este avantajos, întrucît se înlocuieşte $BaCO_3$, Na_2CO_3 etc., cu un material indigen eftin.

6. Ne propunem ca prin cercetări ulterioare să aplicăm amestecul de cementare pe bază de dolomită şi la oţelurile aliate pentru cementare.

Catedra de Tehnologie Metalelor
Catedra de Chimie Generală

BIBLIOGRAFIE

1. Block B., *Das Kolkbrennen*, Leipzig, Verlag Von Otto Spamer, 1924, p. 62.
2. Fărcaş T., Golgoţiu T., Ailincăi Gh., Ciochină C. şi Andrei E., Acest Buletin pp. 417-435.
3. Avramescu S., Contribuţii în procesul de cementare în mediul solid, Metalurgia şi Construcţia de maşini, ASIT, 1954, Nr. 3.

ЦЕМЕНТАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С СМЕСЯМИ НА ОСНОВЕ ДОЛОМИТА

(Краткое содержание)

Исследования возможности использования природного доломита (двоиная угленизвестковая и углемагнезиевая соль) как основной элемент в структуре цементационых смесей с целью замены ними углебариевых и угленатровых солей, которые дороже. Это ведёт к уротреблению местных материалов и к понижению стоймости цементационных смесей.

Опыты делались в области температур 800°-920° и результаты показывают что доломита может быть с успехом использована с этой целью.

Наблюдая для этих температур взаисимости от времени тольщина цементационного слои, структура о твёрдость, для обычных углеродистых сталей (OL 34), так-же и для качественных углеродистых стале OLC 10 и OLC 16.

ОБЪЯСНЕНИЕ РИСУНКОВ

Диаграмма I. Впитывание цементации для стали OL-34 в зависимости от состава смеси (уголь+доломит), в течении 6 часов, при 880°.

Диаграмма II. Изменения твердости закалённой и незакалённой стали OL-34, в зависимости от состава смеси, цементированной 6 часов, при 880°.

Диаграмма III. Впитывание цементации для стали OL-34, при смеси: 80% угля + 20% доломита, в зависимости от времени и температуры.

Диаграмма IV. Изменения твердости закалённой и незакалённой стали OL-34, цементированной при 880°, смесью 80% C + 20% доломита, в зависимости от времени.

Диаграмма V. Изменения твердости закалённой и незакалённой стали OL-34, цементированной 6 часов, при 880°, в зависимости от состава смеси.

Диаграмма VI. Впитывание цементации в течении 6 часов, при 880°, для стали OL-34, в зависимости от состава смеси (уголь + доломит + NaCl).

Диаграмма VII. Изменения твердости закалённой и незакалённой стали OL-34, цементированной 6 часов, при 880°, в зависимости от состава смеси.

Диаграмма VIII. Впитывание цементации в течении 6 часов, при 880°, для стали OL-34, в зависимости от состава смеси (уголь + доломита + NaCl).

Диаграмма IX. Впитывание цементации для стали OL-34, в зависимости времени и температуры; смесь (уголь+доломит+NaCl).

Диаграмма X. Изменения твердости закалённой и незакалённой стали OL-34, цементированной при 880°, смесь (уголь + доломить + NaCl),

Диаграмма XI. Впитывание цементации при 880° для стали OL-34, в зависимости от времени и смеси.

Диаграмма XII. Изменения твердости закалённой и незакаленной стали OL-34, цементированной при 880°, в зависимости от времени и смеси.

Диаграмма XIII. Впитывание цементации в ми, при 880°, для углеродисти сталей OLC-10 и OLC-16, в зависимости от времени.

Диаграмма XIV. Изменения твердости закалённых и незакалённых углеродистых сталей OLC-10 и OCL-16, цементированных при 880° смесью (уголь+доломит+NaCl), в зависимости от времени.

Рис. 1. Кривая нагревания доломита с критическими точками разложения.

Рис. 2. Микрофотография начальной структуры стали OL-34.

Рис. 3. Микрофотография структуры стали OL-34, цементированной смесью без NaCl.

Рис. 4. Микрофотография структуры стали OL-34, цементированной смесью, содержащей NaCl.

LA CÉMENTATION DES ACIERS CARBON À L'AIDE D'UN NOUVEAU MÉLANGE AYANT À LA BASE, LA DOLOMITE

(Résumé)

On étudie la posibilité d'employer la dolomite brute (le double carbonate de calcium et de magnésium) comme élément de base dans la structure des mélanges de cémentation, à l'intention de remplacer le carbonate de baryum et de sodium qui sont plus chers.

Cela permet l'utilisation des matériaux indigenès et la réduction des prix des mélanges de cémentation.

Les expériences ont été effectués entre 800°-920°C et les résultats nous démontrent que la dolomite peut être employée avec succés en cette intention.

On a poursuivi pour ces températures en fonction du temps, l'epaisseur de la couche cémentée, la structure et la dureté, autant pour les aciers carbon (OL34) que pour les aciers carbon de qualité OLC10 et OLC16.

EXPLICATION DES FIGURES

Diagramme I. Le pénétration de la cémentation en 6 heures et à 880° chez l'acier OL34 en fonction de la composition du mélange (carbon + dolomite),
Diagramme II. La variation de la dureté chez l'acier OL34 trempé et nontrempé, cémenté en 6 heures et à 880°, en fonction de la composition du mélange.
Diagramme III. La pénétration de la cémentation chez l'acier OL34 en fonction du temps et de la température pour le mélange : 80% carbon + 20% dolomite.
Diagramme IV. La variation en fonction du temps de la dureté de l'acier OL34 trempé et nontrempé, céménte à 880° avec 80% C + 20% dolomite.
Diagtamme V. La variation de la dureté de l'acier OL34 trempé et nontrempé, cémenté en 6 heures à 880°, en fonction de la composition du mélange.
Diagramme VI. La pénétration de la cémentation à 880°, en 6 heures, chez l'acier OL34 en fonction de la composition du mélange (carbon + dolomite + NaCl).
Diagramme VII. La variation de la dureté de l'acier OL34 trempé et nontrempé et cémenté cu 6 heures, à 880°, en fonction de la composition du mélange.
Diagramme VIII. La pénétration de la cémentation en 6 heures et à 880° chez l'acier OL34 en fonction de la composition du mélange (carbon + dolomite + NaCl).
Diagramme IX. La pénétration de la cémentation chez l'acier OL34 en fonction du temps et de la température (carbon + dolomite + NaCl).
Diagramme X. La variation de la dureté de l'acier OL34 trempé et nontrempé en fonction du temps, cémenté à 880° (carbon + dolomite + NaCl).
Diagramme XI. La pénétration de la cémentation chez l'acier OL34 en fonction du temps et du mélange à 880°.
Diagramme XII. La variation de la dureté de l'acier OL34 trempé et non trempé en fonction du temps et du mélange, cémenté à 880°
Diagramme XIII. La pénétration de la cémentation en mm chez les aciers carbon OLC10 et OLC16 en fonction du temps.
Diagramme XIV. La variation de la dureté des aciers carbon de qualité OLC10 et OLC10 cémentés à 880°, trempés et nontrempés, en fonction du temps (carbon + dolomite + NaCl).
Fig. 1. La courbe de chauffage de la dolomite avec les points critiques de décomposition.
Fig. 2. La structure initiale de l'acier OL34.
Fig. 3. La structure de l'acier OL34 cémenté avec le mélange sans NaCl.
Fig. 4. La structure de l'acier OL34 cémenté avec le mélange contenant NaCl.
Fig. 5. La structure initiale de l'acier OLC10.
Fig. 6. La structure de l'acier OLC10 cémenté en 8 heures à 880°.
Fig. 7. La structure initiale de l'acier OLC16.
Fig. 8 La structure de l'acier OLC16 cémenté en 8 heures à 880°.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAȘI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

O GENERALIZARE A ECUAȚIEI FIBREI ELASTICE A BARELOR

DE

N. PREDA, VICTOR BAUȘIC, TH. SILION, ȘT. VOICULESCU și D. HORBANIUC

Comunicare prezentată în sesiunea științifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Din literatura tehnică clasică se cunoaște ecuația diferențială a deplasării după rază a barelor cu axă circulară, încărcate cu forțe situate în planul axei [1], [2].

Aci ne vom ocupa de bara cu rigiditate constantă ($EI = \text{const.}$), cu axă curbă plană oarecare, încărcată cu sarcini situate în planul axei. Vom presupune că sarcinile exterioare, reduse la centrul de greutate al unei secțiuni curente, dau o forță axială N și un moment încovoietor M dirijat după una din axele principale de inerție ale secțiunii. Presupunem că N și M sînt pozitive (fig. 1). De asemenea materialul ascultă de legea lui Hooke și rămîne valabilă ipoteza lui Bernoulli.

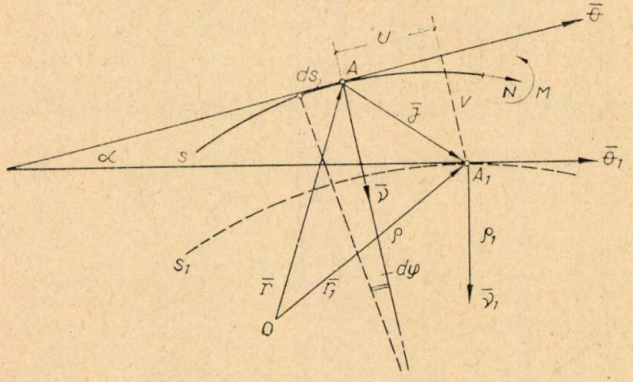


Fig. 1.

Fie $\bar{\nu}$ și $\bar{\theta}$, normala și tangenta într-un punct curent A al axului. Ecuația axei barei în starea nedeformată este:

$$\bar{r}'' = \frac{\bar{\nu}}{\rho}, \tag{1}$$

unde ρ este raza de curbură în A, iar $\bar{r}$ este vectorul de poziţie al lui A, reperat la un pol O, arbitrar ales. Prin $\bar{r}''$ se înţelege $\frac{d^2\bar{r}}{ds^2}$.

Prin deformaţie sub sarcină, axul ia poziţia punctată din fig. 1, iar A ajunge în A_1. Descompunem deplasarea $AA_1 = \bar{j}$ în componentele sale u şi v după $\bar{\nu}$ şi $\bar{\theta}$:

$$\bar{j} = u\,\bar{\theta} + v\,\bar{\nu}. \tag{2}$$

Fie $\bar{r}_1$ vectorul de poziţie al lui A_1, reperat la acelaşi pol O şi ρ_1 raza de curbură în A_1

$$\bar{r}_1 = \bar{r} + \bar{j} \tag{3}$$

In starea nedeformată, variabila independentă este s; în stare deformată, este s_1. Fie α, unghiul dintre $\bar{\theta}$ şi $\bar{\theta}_1$.

In cazul deformaţiilor de ordinul I (mici), aşa cum se întîmplă frecvent în piesele de construcţii, α este foarte mic.

Atunci [3]:

$$ds_1^2 = \left(1 + \frac{du}{ds}\right)^2 \left(1 + \operatorname{tg}^2\alpha\right) ds^2 \cong ds^2 \tag{4}$$

unde s-a avut în vedere că $\frac{du}{ds} = \epsilon_0$, adică lungirea specifică a axului barei, este neglijabilă faţă de unitate şi s-a neglijat şi pe $\operatorname{tg}^2\alpha$ faţă de unitate.

Derivînd relaţia (3) de două ori în raport cu s, ţinînd cont de (4) şi (1) obţinem:

$$\frac{d^2\bar{r}_1}{ds_1^2} = \frac{d^2\bar{r}_1}{ds^2} = \bar{r}_1'' = \bar{r}'' + \bar{j}'' = \frac{\bar{\nu}_1}{\rho_1}. \tag{5}$$

Din relaţia (2), prin simplă derivare în raport cu s, obţinem;

$$\bar{j}' = \bar{\theta}\frac{du}{ds} + \bar{\nu}\frac{dv}{ds} + u\frac{d\bar{\theta}}{ds} + v\frac{d\bar{\nu}}{ds}.$$

Insă:

$$\frac{d\bar{\theta}}{ds} = \frac{\bar{\nu}}{\rho} \text{ şi } \frac{d\bar{\nu}}{ds} = -\frac{\bar{\theta}}{\rho},$$

încît relaţia precedentă devine:

$$\bar{j}_1 = \bar{\theta}\frac{du}{ds} + \bar{\nu}\frac{dv}{ds} + \frac{u}{\rho}\bar{\nu} - \frac{v}{\rho}\bar{\theta}. \tag{6}$$

Dacă derivăm relaţia (6) încă odată în raport cu s şi ţinem cont că la un M şi un N pozitiv (măresc raza de curbură) vectorul $\bar{j}'$, care-i normal pe $\bar{j}$, se roteşte de la $\bar{\nu}$ spre $\bar{\theta}$, adică avem:

(a) $$\frac{d\bar{\theta}}{ds} = -\frac{\bar{\nu}}{\rho} \quad \text{și} \quad \frac{d\bar{\nu}}{ds} = +\frac{\bar{\theta}}{\rho},$$

vom obține, avînd în vedere (a):

(7) $$\bar{j''} = \left(\frac{d^2u}{ds^2} + \frac{u}{\rho^2} + \frac{v}{\rho^2}\cdot\frac{d\rho}{ds}\right)\bar{\theta} + \left(\frac{d^2v}{ds^2} + \frac{v}{\rho^2} - \frac{u}{\rho^2}\cdot\frac{d\rho}{ds}\right)\bar{\nu}.$$

Introducînd pe (7) în (5) și ținînd cont de (1) vom avea:

$$\bar{j''} = \left(\frac{d^2u}{ds^2} + \frac{u}{\rho^2} + \frac{v}{\rho^2}\cdot\frac{d\rho}{ds}\right)\bar{\theta} + \left(\frac{d^2v}{ds^2} + \frac{v}{\rho^2} - \frac{u}{\rho^2}\cdot\frac{d\rho}{ds}\right)\bar{\nu} = \frac{\nu_1}{\rho_1} - \frac{\bar{\nu}}{\rho}.$$

Multiplicînd relația precedentă scalar cu $\bar{\theta}$ și apoi cu $\bar{\nu}$ și luînd $\bar{\nu}\cdot\bar{\nu}_1 \cong 1$, iar $\bar{\theta}\cdot\bar{\nu}_1 = \cos(90 - \alpha) = \sin\alpha \cong \operatorname{tg}\alpha = \frac{dv}{ds}$, deoarece deformațiile sînt mici, iar $\bar{\theta}\cdot\bar{\theta} = 1$ și $\bar{\theta}\cdot\bar{\nu} = 0$, vom obține:

(8) $$\begin{cases} \dfrac{d^2u}{ds^2} + \dfrac{u}{\rho^2} + \dfrac{v}{\rho^2}\cdot\dfrac{d\rho}{ds} = \dfrac{1}{\rho_1}\cdot\dfrac{dv}{ds}, \\ \dfrac{d^2v}{ds_2} + \dfrac{v}{\rho_2} - \dfrac{u}{\rho^2}\cdot\dfrac{d\rho}{ds} = \dfrac{1}{\rho_1} - \dfrac{1}{\rho}. \end{cases}$$

Să facem acum să intervină solicitările. Din fig. 1 avem:

$$ds = \rho\,.\,d\varphi$$

După deformație, elementele precedente au variat și vom avea:

$$\partial(ds) = \partial\rho\,.\,d\varphi + \rho\,.\,\partial(d\varphi).$$

Insă $\partial(ds) = \epsilon_0\,ds$ și $\partial(d\varphi) = -\omega\,.\,ds$ unde ϵ_0 este lungirea specifică a axului, iar ω încovoierea specifică. Relația precedentă devine:

$$\epsilon_0\,ds = \partial\rho\,.\,d\varphi - \rho\,\omega\,.\,ds,$$

care mai poate fi scrisă sub forma:

(b) $$(\epsilon_0 + \rho\omega)\,ds = \partial\rho\,.\,d\varphi$$

Insă $\frac{d\varphi}{ds} = \frac{1}{\rho}$; de asemenea se știe că ([3] și [4]):

$$\epsilon_0 = \frac{1}{EA}\left(N - \frac{M}{\rho}\right) \;;\; \omega = \frac{M}{EI_1} - \frac{1}{\rho EA}\left(N - \frac{M}{\rho}\right),$$

din care se obține: $\epsilon_0 + \rho\omega = \frac{M\rho}{EI_1}$, încît relația (b) devine:

(c) $$\frac{M}{EI_1} = \frac{\partial\rho}{\rho^2}.$$

Aici $I_1 = K\rho^2\,.\,A$, unde K este un coeficient ce depinde de forma și dimensiunile secțiunii.

In cazul barelor cu raza de curbură mare se poate scrie $I_1 \cong I$, unde I este momentul de inerţie al secţiunii faţă de axa principală după care este dirijat momentul încovoietor ([1] şi [3]). Relaţia (c) mai poate fi scrisă în acest caz astfel :

$$\frac{M}{EI} = \partial\left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_1}$$

Cu aceasta, relaţiile (8) devin :

$$(9) \qquad \begin{cases} \dfrac{d^2u}{ds^2} + \dfrac{u}{\rho^2} + \dfrac{v}{\rho^2}\cdot\dfrac{d\rho}{ds} = \left(\dfrac{1}{\rho} - \dfrac{M}{EI}\right)\cdot\dfrac{dv}{ds}, \\ \dfrac{d^2v}{ds^2} + \dfrac{v}{\rho^2} - \dfrac{u}{\rho^2}\cdot\dfrac{d\rho}{ds} = -\dfrac{M}{EI}. \end{cases}$$

In cazul barelor cu axă circulară $\rho = \text{const.}$ iar $\dfrac{d\rho}{ds} = 0$ şi se obţine:

$$\begin{cases} \dfrac{d^2u}{ds^2} + \dfrac{u}{\rho^2} = \left(\dfrac{1}{\rho} - \dfrac{M}{EI}\right)\dfrac{dv}{ds}, \\ \dfrac{d^2v}{ds^2} + \dfrac{v}{\rho^2} = -\dfrac{M}{EI}, \end{cases}$$

ecuaţii deja cunoscute ([1], [2] şi [3]). Ecuaţiile (9) se particularizează şi pentru bare cu axă dreaptă. In adevăr în acest caz $\rho \to \infty$ iar $ds \to dx$ şi avem :

$$(d) \qquad \frac{d^2v}{dx^2} = -\frac{M}{EI} \text{ şi } \frac{d^2u}{dx^2} = -\frac{M}{EI}\cdot\frac{dv}{dx}.$$

Prima formă relativă la deplasarea după normala la axul barei drepte, este cunoscută. Cea de a doua relaţie este cunoscută din rezistenţă sub forma : $u = \dfrac{1}{2}\int_o^x (v')^2\,dx$. Din aceasta, prin derivare obţinem : $\dfrac{du}{dx} = \dfrac{1}{2}(v')^2$ şi încă $\dfrac{d^2u}{dx^2} = v'\cdot v'' = -\dfrac{M}{EI}\cdot\dfrac{dv}{dx}$ adică tocmai a doua ecuaţie din (d).

Ecuaţiile (9) le putem reduce la una singură scoţînd pe u din a doua şi introducîndu-l în prima. Vom ţine cont că la barele cu axă curbă plană, încărcate cu forţe în planul axului, sînt stabilite următoarele relaţii diferenţiale :

$$\frac{dM}{ds} = T \; ; \; \frac{dT}{ds} = -p_v - \frac{N}{\rho} \; ; \; \frac{dN}{ds} = -p_\theta + \frac{T}{\rho}$$

unde p_v şi p_θ sînt componentele sarcinii exterioare după normala şi tangentă la axa nedeformată.

Făcînd operaţiile necesare, vom obţine, pentru deplasarea după normală la axul nedeformat, următoarea ecuaţie diferenţială de ordin IV, cu coeficienţi variabili :

$$(10) \quad A\frac{d^4v}{ds^4}+B\frac{d^3v}{ds^3}+C\frac{d^2v}{ds^2}+D\frac{dv}{ds}+Ev+\frac{M}{EI}\left(C-\frac{1}{\rho'}\right)+B\frac{T}{EI}+$$

$$+F\frac{N}{EI}-A\frac{p_v}{EI}=0,$$

unde :

$$A=\rho^2/\rho' \; ; \; B=2(2\rho-\rho^2.\rho''/\rho'^2) \; ; \; C=\frac{2}{\rho'}+2\rho'-2\frac{\rho\rho''}{\rho'}-\frac{\rho^2.\rho'''}{\rho'^2}+2\frac{\rho^2.\rho''^2}{\rho'^3}$$

$$D=\frac{M}{EI}-2\frac{\rho''}{\rho'^2}-\frac{1}{\rho} \; ; \; E=-\frac{\rho'''}{\rho'^2}+2\frac{\rho''^2}{\rho'^3}+\frac{1}{\rho'\rho^2}+\frac{\rho'}{\rho^2} \; ; \; F=-\rho/\rho'.$$

Remarcăm că în cazul cînd sistemul de forțe exterioare reduse la centrul de greutate al secțiunii curente dau numai N, iar $M=0$, atunci din relația (c) se obține $\rho=\rho_1$.

Deci în cazul $N\neq 0$ și $M=0$, raza de curbură a axului se păstrează. Aceasta nu înseamnă că nu există deplasări după normală și tangentă. Acestea se pot calcula din (9), în care s-a făcut $M=0$, sau din (10).

In cazul cînd $N=0$ și $M\neq 0$, relațiile (9) rămîn neschimbate deoarece relația (c) este independentă de N. In relația (10), va dispare penultimul termen.

In concluzie, s-a obținut ecuația generală a fibrei elastice — adică a axului după deformație — pentru barele de rigiditate constantă, cu axă curbă plană oarecare, cu raza de curbură mare ($\rho > 4h$), încărcate cu sarcini în planul axului, luînd în considerație numai influența lui N și M asupra deformației și neglijînd influența mică asupra ei dată de T, mică în comparație cu cea dată de N și M [1].

Catedra de Rezistența Materialelor

BIBLIOGRAFIE

1. Filonenko-Borodici M. M. și colab.: *Curs de Rezistența materialelor*, p. II-a, Ed. tehn., Buc., 1952, (trad. din l. rusă).
2. Prokofiev P. I. și Smirnov F. A.: *Statica construcțiilor*, (O. P. E. D.) C. F. R., Buc., 1951, t. III, (trad. din l. rusă).
3. Filipescu M. Gh.: *Statica construcțiilor și Rezistența materialelor* Ed. II-a, M. C., Buc., 1940.
4. Prokofiev P. I.: *Statica construcțiilor*, O.P.E.D., C. F. R., Buc,, 1950, t. I, (trad. din l. rusă).

ОБОБЩЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ИЗОГНУТОЙ ОСИ БАЛКИ

(Краткое содержание)

Устанавливается общее уравнение изогнутой оси для бруса с постоянным сечением, ось которого любая плоская кривая большой кривизны. Брус нагружен силами расположенными в плоскости оси. Для записи этого уравнения принималось во внимание влияние нормальных усилий и изгибающих моментов для деформаций. В частных случаях получается уже известное уравнение изогнутой оси прямых и круглых брусьев.

EINE GLEICHUNGSVERALLGEMEINERUNG DER ELASTISCHEN LINIE DER STÄBE

(Zusammenfassung)

Man stellt allgemeine Gleichung der elastischen Linie für Stäbe von unveränderlichen Querschnitt, mit irgend einer ebener Krumachse mit grossen Krümmungsradius, in der Achsenebene belastete, fest. Hiermit wird es nur der Einfluss der Normalkraft und des Biegungsmomentes auf die Formveränderung berücksichtigt. Für Einzelfälle erhält man die schon bekante Gleichung der elastischen Linie für die rechten und kreisförmigen Stäbe.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

ASUPRA ECUAŢIILOR REDUSE ALE METODEI DEFORMAŢIILOR

DE

A. ŞESAN şi N. POPESCU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12 -13 februarie 1955

In metoda deformaţiilor numărul necunoscutelor e dat de legăturile, suplimentare, introduse în sistemul multiplu static nedeterminat, — real — pentru a-l desface în sisteme elementare — tot static nedeterminate -- uşor de calculat. Formele cunoscute ale ecuaţiilor metodei deformaţiilor au un număr de necunoscute egal cu gradul de nedeterminare cinematic-elastică a sistemului, corespunzător deci numărului maxim de legături suplimentare ce se pot introduce, rezultînd astfel un sistem de bază cu noduri blocate şi fixe iar sistemele elementare reducîndu-se la grinzi încastrate cu reazeme fixe.

Folosirea „momentelor active" în metoda deformaţiilor [2] a condus la următorul sistem de ecuaţii :

$$
(1)\quad \begin{cases}
-M_1+\mu_{12}M_2+\mu_{13}M_3+\ldots\ \mu_{1i}M_i+\mu_{1A}M_A+\mu_{1B}M_B+\ldots+\mathfrak{M}_1=0,\\
\mu_{21}M_1-M_2+\mu_{23}M_3+\quad\ldots\ \mu_{2i}M_i+\mu_{2A}M_A+\mu_{2B}M_B+\ldots+\mathfrak{M}_1=0,\\
\vdots\\
\mu_{i1}M_1+\mu_{i2}M_2+\mu_{i3}M_3+\quad\ldots\ -M_i+\mu_{iA}M_A+\mu_{iB}M_B+\ldots+\mathfrak{M}_i=0,\\
\mu_{A1}M_1+\mu_{A2}M_2+\mu_{A3}M_3+\ldots+\mu_{Ai}M_i-M_A+\mu_{AB}M_B+\ldots+\mathfrak{M}_A=0,\\
\mu_{B1}M_1+\mu_{B2}M_2+\mu_{B3}M_3+\ldots+\mu_{Bi}M_i+\mu_{BA}M_A-M_B+\ldots+\mathfrak{M}_B=0,\\
\vdots
\end{cases}
$$

Similar metodei rotirilor [3], plecînd de la un sistem de bază cu noduri blocate dar deplasabile, vom stabili forma ecuaţiilor de condiţie a metodei deformaţiilor sub forma „momentelor active", folosind numai momentele active de nod. In această formă a ecuaţiilor de condiţie sînt eliminate necunoscutele corespunzătoare gradelor de libertate ale sistemului (momentele active de deplasare). Sistemele elementare fiind grinzi încastrate (sau articulate) cu reazime deplasabile (fig. 1), sistemul de bază — cu noduri blocate dar deplasabile — este mai apropiat de cel real decît sistemele de bază obişnuite cu noduri blocate şi fixe.

Relaţiile (1) conduc la următoarea formă a ecuaţiilor de condiţie pentru noul sistem de bază:

$$(2)\quad \begin{cases} \mu'_{11}M_1+\mu'_{12}M_2+\mu'_{13}M_3+\ldots\ldots\mu'_{1i}M_i+\mathfrak{M}'_1=0, \\ \mu'_{21}M_1+\mu'_{22}M_2+\mu'_{23}M_3+\ldots\ldots\mu'_{2i}M_i+\mathfrak{M}'_2=0, \\ \vdots \\ \mu'_{i1}M_1+\mu'_{i2}M_2+\mu'_{i3}M_3+\ldots\ldots\mu'_{ii}M_i+\mathfrak{M}'_i=0, \end{cases}$$

în care necunoscutele sînt numai momentele active de nod.

Calculul coeficienţilor „μ'_{ik}" şi a termenilor liberi „$\mathfrak{M}'_i$" se poate face descompunînd deformaţia reală a sistemului de bază ales — cu noduri blocate dar deplasabile — în două faze: în prima, deplasările sînt împiedicate şi în acest caz expresiile coeficienţilor şi a termenilor liberi sînt tocmai cele cunoscute din relaţiile (1) μ_{ik} şi $\mathfrak{M}_i$, iar în a doua fază se determină corecţiile corespunzătoare deplasării libere a nodurilor. Vom avea deci:

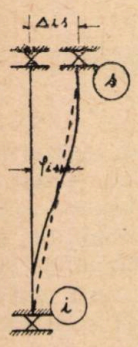


Fig. 1.

$$(3)\quad \mu'_{ik}=\mu_{ik}+\mu^{\Delta}_{ik} \text{ şi } \mathfrak{M}'_i=\mathfrak{M}_i+\mathfrak{M}^{\Delta}_i.$$

Ne vom ocupa de cadrele etajate cu noduri paralel deplasabile şi moment de inerţie constant.

a. *Calculul coeficienţilor.* Acţiunea unui moment activ unitar în nodul (deblocat) „*i*" va produce — datorită momentelor repartizate stîlpilor „*il*" şi „*ik*" — momentele active de deplasare „μ_{si}" — în etajul superior (S) — şi „μ_{Ii}" în etajul inferior (I).

Valoarea acestor momente active este cunoscută [2]: $\mu_{si}=1{,}5r_{il}$ şi $\mu_{Ii}=-1{,}5r_{ik}$ (r_{il} şi r_{ik} fiind rigidităţile relative la încovoiere ale barelor „*il*" şi „*ik*" faţă de nodul „*i*").

In faza doua, nodurile fiind libere a se deplasa (dar împiedicate a se roti) fiecare din aceste momente active de deplasare — ale etajului superior şi inferior nodului considerat — va produce în nodurile din capetele stîlpilor ce fac parte din etajul respectiv, momente a căror mărime e funcţie de coeficientul de influenţă „μ_{iA}" [2]; astfel de exemplu în nodul „*i*" se vor produce momentele „$\mu_{si}\mu_{is}$" şi „$\mu_{Ii}\mu_{iI}$", iar în nodul „*k*" momentul: „$\mu_{Ii}\mu_{kI}$" etc. Valoarea coeficienţilor μ_{is}, μ_{iI}, μ_{kI}, etc., este de asemenea cunoscută [2]: $\mu_{is}=\nu_{iI}$; $\mu_{iI}=\nu_{ik}$, $\mu_{kI}=\nu_{ki}$, etc., „ν_{ik}" fiind rigiditatea relativă, la deplasare a capătului „*i*" a stîlpului „*ik*" faţă de etajul din care face parte.

Obţinem astfel următoarele expresii:

1. Pentru coeficienţii principali,

$$(4)\quad \mu'_{ii}=-1+\mu_{si}\mu_{is}+\mu_{Ii}\mu_{iI}.$$

2. Pentru coeficienţii laterali:

$$(5)\quad \mu'_{ki}=\mu_{ki}+\mu_{si}\mu_{ks}+\mu_{Ii}\mu_{ks}$$

sau exprimate în funcţie de caracteristicele elastice ale sistemului:

(4′) $$\mu'_{ii} = -1 + 1{,}5\, r_{is}\, v_{is} + 1{,}5\, r_{ij}\, v_{ij}$$

și

(5′) $$\mu'_{ki} = -0{,}5\, r_{ik} + 1{,}5\, r_{is}\, v_{ks} + 1{,}5\, r_{ij}\, v_{kj}$$

în care prin indicii „s" și „j" am notat nodurile vecine, imediat superioare sau, respectiv, inferioare nodului corespunzător primului indice (fig. 2).

În funcție de poziția nodului „k" față de nodul „i" se pot anula diferiți termeni ai expresiei (5) sau (5′); astfel primul termen se anulează dacă nodurile „i" și „k" nu sînt vecine; al doilea termen, dacă nodul „k" e pe un nivel imediat inferior nodului „i"; al treilea, dacă nodul „k" e pe nivelul imediat superior nodului „i" și în fine: $\mu'_{ki} = 0$ pentru noduri situate pe nivele neînvecinate.

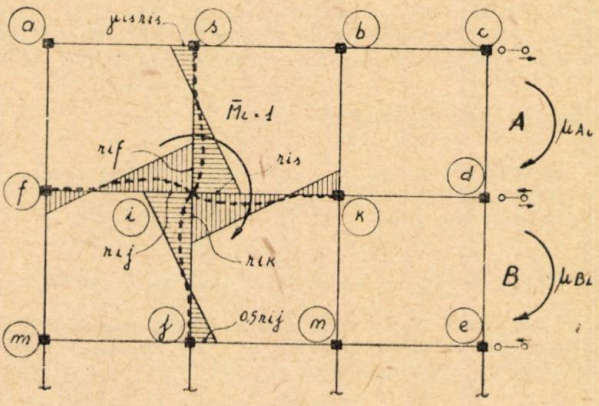


Fig. 2.

Coeficienții laterali nu sînt reciproci ($\mu'_{ik} \neq \mu'_{ki}$); dar așa cum s-a arătat [2] reciprocitatea se poate restabili prin împărțirea fiecărei ecuații din (2) cu valoarea rigidității nodului respectiv.

b *Termenii liberi.* $\mathfrak{M}'_i$, se calculează, la fel însumînd expresiile corespunzătoare celor două faze. Momentul ($\mathfrak{M}_i = \sum_i \mathfrak{M}_{ik}$) dedus pentru prima fază se însumează cu influența momentelor active de deplasare ($\mathfrak{M}_s$, $\mathfrak{M}_j$, etc.) produse de acțiunea sarcinilor exterioare; vom avea deci:

(6) $$\mathfrak{M}'_i = \mathfrak{M}_i + \mu_{is}\, \mathfrak{M}_s + \mu_{iI}\, \mathfrak{M}_I$$

sau știind că $\mathfrak{M}_s = L_s h_s$, $\mathfrak{M}_I = L_I h_I$, în care L_s și L_I sînt forțele de lunecare ale nivelelor respective (S și I) iar h_s și h_I — înălțimile etajelor, obținem

(6′) $$\mathfrak{M}'_i = \mathfrak{M}_i + v_{is}\, L_s\, h_s + v_{iI}\, L_I\, h_I\,.$$

Prin rezolvarea ecuațiilor (2) se găsesc momentele active de nod (M_i). Momentele din capetele barelor ce nu se rotesc (a grinzilor) se calculează cu ajutorul relației:

(7) $$M_{ik} = \mathfrak{M}_{ik} - 0{,}5\, r_{ki} M_k - r_{ik} M_i\,,$$

iar momentele din capetele stîlpilor, cu ajutorul relației

(8) $$M_{ik} = \mathfrak{M}_{ik} - 0{,}5\, r_{ki} M_k - r_{ik} M_i + \nu_{ik} M_s ,$$

în care M_S este momentul activ de deplasare a etajului din care face parte stîlpul considerat („*ik*") şi a cărui valoare este dată de relaţia ([2], [4]) :

(9) $$M_s = \mathfrak{M}_s + 1{,}5 \sum_s M_k r_{kn} .$$

Reluînd exemplul de cadru tratat [2] şi folosind relaţiile (4'), (5') şi (6') se determină cu uşurinţă sistemul de ecuaţii — de forma relaţiilor (2) — în care necunoscutele sînt numai momentele active de nod. Prin împărţirea fiecărei ecuaţii cu valoarea coeficientului principal, ajungem la următorul sistem de ecuaţii :

(I) — $M_1 - 0{,}254\, M_2 + 0{,}120\, M_3 - 0{,}022 M_4 + 0{,}0056\, M_5 + 0{,}019\, M_6 + 9810 = 0$,
(II) — $0.327\, M_1 - M_2 - 0{,}327\, M_3 + 0{,}0076\, M_4 - 0.007\, M_5 + 0{,}0076\, M_6 + 481 = 0$,
(III) — $0{,}120\, M_1 - 0{,}254\, M_2 - M_3 + 0{,}049\, M_4 + 0{,}0056\, M_5 - 0{,}022\, M_6 - 3628 = 0$,
(IV) — $0{,}054\, M_1 + 0{,}0145\, M_2 + 0{,}120\, M_3 - M_4 - 0{,}230\, M_5 + 0{,}116\, M_6 + 23135 = 0$,
(V) — $0{,}0188\, M_1 - 0{,}0182\, M_2 + 0{,}0188\, M_3 - 0{,}300\, M_4 - M_5 + 0{,}116\, M_6 + 6128 = 0$,
(VI) — $0{,}120\, M_1 + 0{,}0145\, M_2 - 0{,}054\, M_3 + 0{,}116\, M_4 - 0{,}230\, M_5 - M_6 + 5188 = 0$.

Rezolvînd aceste ecuaţii obţinem :

$M_1 = 10.230$ t. m. $\quad M_4 = 24561$ t. m.
$M_2 = -2292$ t. m. $\quad M_5 = -4086$ t. m.
$M_3 = -868$ t. m. $\quad M_6 = 10217$ t. m.

Cu ajutorul relaţiilor (7), (8) şi (9) se determină momentele din capetele de bară obţinînd :

$M_{12} = -506$ kgm; $M_{14} = -505$ kgm ; $M_{69} = +10.846$ kgm ; etc. valori, care concordă cu cele obţinute din rezolvarea ecuaţiilor de condiţie avînd ca necunoscute momentele active de nod şi de deplasare [2], [4].

Catedra de Rezistenţa Materialelor

BIBLIOGRAFIE

1. Prokofiev I. P., *Statica Construcţiilor*, vol. II, Ed. C. F. R., 1951, (trad. din rusă),
2. Şesan A. şi Popescu N., O altă formă a ecuaţiilor de condiţie a metodei deformaţiilor. Teoria şi Practica Construcţiilor, Iaşi, 1955, fasc. II.
3. — Calculul cadrelor prin metoda rotirilor, Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Inst. Polit. Iaşi, 1954, t. I, 1-2, pp, 171-184.
4. Şesan A. şi Orlovschi N., Variante şi simplificări ale metodei distribuirii momentelor, Teoria şi Practica Construcţiilor, Iaşi, 1954, fasc. I.
5. Şesan A. şi Popescu N., O generalizare a metodei rotirilor, Teoria şi Practica Construcţiilor, Iaşi, 1955, fasc. II.

СОКРАЩЕННЫЕ УРАВНЕНИЯ МЕТОДА ДЕФОРМАЦИЙ

(Краткое содержание)

Исходя из фиктивной основной системы с блокированными узлами и о свободными смещениями, составляются уравнения метода деформаций для рам с паралельно смещающимися узлами, неизвестные которых, активные моменты только узлов. Избежание активных моментов смещений

ведет к уменьшению числа уравнений равным числом степени свободы системы.

Совсем не сложный и неутомительный процесс расчета вытекает из данного численного примера.

DES ÉQUATIONS RÉDUITES DE LA MÉTHODE DES DÉFORMATIONS

(R é s u m é)

En partant d'un système de base fictif à noeuds verrouillés et déplacements libres, on établit les équations de la méthode des déformations pour des cadres à noeuds parallèlement deplaçables, ayant comme inconnues seulement les moments au noeud actifs. L'élimination des moments actifs des déplacement, réduit le nombre des équations avec le nombre des degrées de liberté du système.

La facilité du calcul des coefficients et des termes libres, et les simplifications qui en résultent sont illustrées par un exemple de calcul.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CALCULUL ITERATIV AL CADRELOR FOLOSIND NUMAI ECHILIBRĂRILE DE NODURI

DE

A. ŞESAN, N. POPESCU şi N. ORLOVSCHI

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12-13 februarie 1955

Pentru calculul cadrelor etajate, multiplu static nedeterminate, folosirea aproximaţiilor succesive este, practic, singura cale de rezolvare a sistemelor de ecuaţii ale metodei deformaţiilor. Simplificările şi generalizările calculul iterativ sînt legate de simplificarea şi generalizarea ecuaţiilor de echilibru elastic.

Formele cunoscute ale metodei deformaţiilor au ca necunoscute rotirile de nod şi rotirile de bare sau deplasările nodurilor.

In primele încercări de aplicare a aproximaţiilor succesive la rezolvarea sistemelor static nedeterminate se folosesc ca operanţi rotirile de nod. Astfel O. Mohr (1906) foloseşte întîia oară iteraţia la determinarea eforturilor secundare la grinzile cu zăbrele; apoi S. Hardesty (1916), iar K. A. Calisev (1925) extind această metodă la studiul sistemelor cu grad mare de nedeterminare statică, folosind ca operanţi, tot rotirile de nod.

Inginerul sovietic N. M. Bernadski, a imaginat încă din 1920 un calcul iterativ al sistemelor static nedeterminate, efectuînd operaţiunile succesive chiar pe schema structurii.

Forma cunoscută a metodei distribuirii momentelor—cu folosirea ca operanţi a momentelor de capăt de bară—a fost dată de H. Cross în 1932.

Calculul iterativ se efectuează, în mod obişnuit, pe schema cadrului (foarte rar tabelar — V. Halasz, etc.) folosind ca operanţi momentele de capăt de bară, sau, în mod excepţional, rotirile de nod (Kammuller, E. Beiu Palade, R. Agent şi G. Aznavorian).

Plecînd de la ecuaţiile simplificate ale metodei deformaţiilor [2], [3] şi [4] — corespunzătoare unor sisteme de bază cu noduri blocate dar deplasabile — vom prezenta două forme simplificate de calcul iterativ, anume: a *echilibrării rotirilor de nod* şi a *echilibrării momentelor de nod.*

Pe lîngă avantajul reducerii operaţiunilor la o singură treaptă de calcul (simplificată şi aceasta numai la operaţii de transmitere) numărul aproximaţiilor succesive este mult redus întrucît foloseşte ca sistem static, fictiv – de plecare – sistemul (b) (fig. 1), cu nodurile blocate

dar deplasabile, care este mai apropiat de starea reală (c) decît sistemul de bază, obișnuit, cu nodurile blocate și fixe (a).

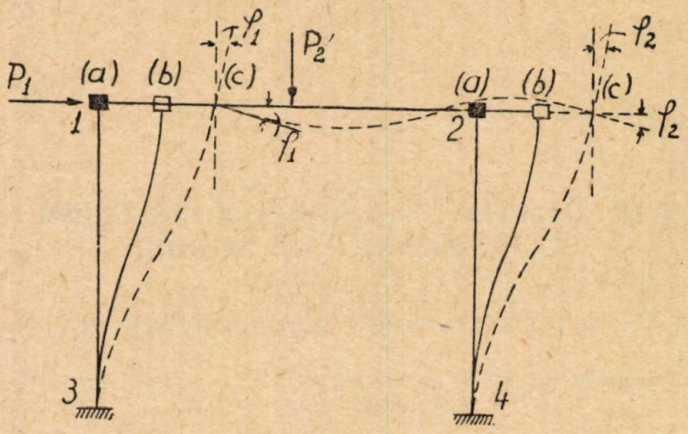


Fig. 1.

1. Echilibrarea rotirilor de nod.

Ecuațiile metodei rotirilor [2], [3] se prezintă sub forma:

$$(1)\qquad \begin{cases} m_{11}\varphi_1 + m_{12}\varphi_2 + \cdots + m_{1i}\varphi_i + \mathfrak{M}_1 = 0, \\ \vdots \\ m_{i1}\varphi_1 + m_{i2}\varphi_2 + \cdots + m_{ii}\varphi_i + \mathfrak{M}_i = 0. \end{cases}$$

Împărțind prin m_{11} prima ecuație, prin m_{22} a doua ecuație, etc. și știind că $\frac{\mathfrak{M}_i}{m_{ii}} = \varphi_i^0$, obținem:

$$(1')\qquad \begin{cases} \varphi_1 + m'_{12}\varphi_2 + \cdots + m'_{1i}\varphi_1^0 = 0, \\ \vdots \\ m'_{i1}\varphi_1 + m'_{i2}\varphi_2 + \cdots + \varphi_i + \varphi_i^0 = 0. \end{cases}$$

Coeficienții ecuațiilor (1') — m'_{ik} — sînt tocmai coeficienții de transmitere a rotirilor de nod; calculul lor se face ușor știind că $m'_{ik} = m_{ik}/m_{ii}$ iar expresiile coeficienților m_{ik}, m_{ii}, etc. au fost calculate pentru cadre etajate cu moment de inerție constant [2] și generalizate pentru cadre oarecari [3]:

$$(2)\qquad m_{ii} = \sum_i K_{ik(x)} - \nu_{is(x)}\bar{K}_{is}^{\varphi} - \nu_{ij(x)}\bar{K}_{ij}^{\varphi},$$

și

$$(3)\qquad m_{ki} = \gamma_{ik(x)}K_{ik(x)} - \nu_{ks(x)}\bar{K}_{is}^{\varphi} - \nu_{kj}\bar{K}_{ij}^{\varphi},$$

în care

$K_{ik(x)}$ — rigiditatea la încovoiere a barei „ik" în capătul „i";

$\bar{K}^{\varphi}_{ik(x)}$ — rigiditatea la deplasare a capătului „i" a barei „ik" pentru o rotire unitară a barei;

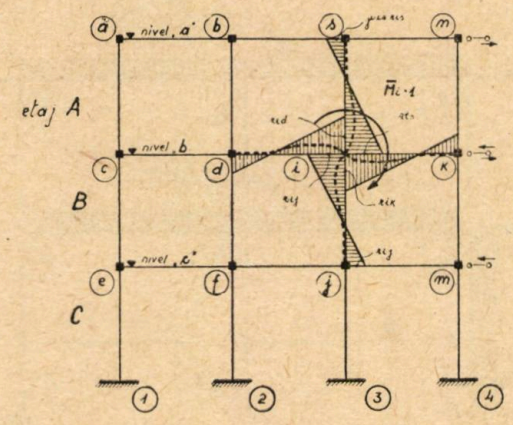


Fig. 2

$r_{ik(x)}$ — coeficientul de transmitere a momentului de la capătul „i" la capătul „k" al barei „ik";

$v_{is(x)} = \dfrac{\bar{K}_{is(x)}}{\sum\limits_{A} (\bar{K}_{is(x)} + \bar{K}_{si(x)})}$ reprezintă rigiditatea relativă la deplasare a capătului „i" a stîlpului „is" față de lanțul cinematic (A) din care face parte stîlpul. (Prin „s" și „j" s-au notat nodurile învecinate imediat superioare și inferioare nodului „i").

Diferiți termeni ai relației (3) se anulează în funcție de poziția reciprocă a nodurilor „i" și „k"; astfel, primul termen se anulează dacă nodurile „i" și „k" nu sînt vecine; al doilea termen, dacă nodul „k" e situat pe nivelul imediat inferior nivelului nodului „i"; al treilea termen, dacă nodul „k" e pe nivelul imediat superior nodului „i" și, în fine, toți termenii se anulează ($m_{ki} = 0$) cînd nodurile „i" și „k" se găsesc pe nivele neînvecinate.

Termenii liberi se calculează ușor cunoscînd expresia lui $\mathfrak{M}_i$, în funcție de deplasarea inițială a sistemului de bază [2] sau, în funcție de forțele de lunecare totală pe etaje [3]:

$$\mathfrak{M}_{i(x)} = \sum_{i} \mathfrak{M}^{P}_{ik(x)} - L_s h_s v_{is(x)} - L_j h_j v_{ij(x)}, \tag{4}$$

în care prin L_s și L_j s-au notat forțele de lunecare totală pe etajul superior și inferior nodului „i", prin h_s și h_j, înălțimile etajelor respective, iar prin $\Sigma\, \mathfrak{M}^{P}_{ik(x)}$, momentele de încastrare perfectă din capetele spre nodul „i" a tuturor barelor ce concură în nodul „i".

Pentru cadre oarecari, expresiile, atît ale coeficienților cît și ale termenilor liberi, se determină în funcție de *momentele active ale lanțurilor cinematice* ($\mathfrak{M}_A$, $\mathfrak{M}_B$, etc.) și a rotirilor β_A, β_B, etc., a barelor de suport [3].

Exemplu de calcul.

Vom aplica cele două variante expuse la rezolvarea cadrului de mai jos (fig. 3).

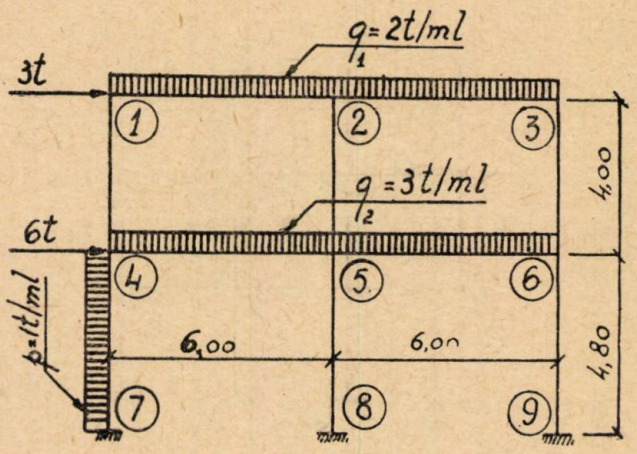


Fig. 3

a. *Determinarea coeficienților.*

Coeficienții de transmitere a rotirilor de noi au expresia:

$$m'_{ik} = \frac{m_i}{m_{ii}}$$

în care m_{ii} și m_{ik} se determină cu ajutorul relațiilor (2), respectiv (3). In rîndul 15 al tabloului cu elemente elastico-geometrice sînt trecuți coeficienții m_{ii}.

Coeficienții m_{ik} vor avea valorile:

$$m_{12} = \gamma_{21} k_{21} - \nu_{14} \overline{\overline{K}}^{\varphi}_{14} = 0{,}5.3{,}6 - 0{,}23.2{,}4 = -1{,}704$$

și în mod analog se află;

$m_{13} = +\ 0{,}560$	$m_{21} = -\ 1{,}690$	$m_{31} = \ 0{,}560$	$m_{41} = -\ 0{,}250$
$m_{14} = -\ 0{,}250$	$m_{23} = -\ 1{,}690$	$m_{32} = -\ 1{,}704$	$m_{42} = \ 0{,}097$
$m_{15} = \ 0{,}093$	$m_{24} = \ 0{,}097$	$m_{34} = \ 0{,}250$	$m_{43} = \ 0{,}560$
$m_{16} = \ 0{,}250$	$m_{25} = -\ 0{,}130$	$m_{35} = \ 0{,}093$	$m_{45} = -\ 3{,}860$
	$m_{26} = \ 0{,}097$	$m_{36} = -\ 0{,}250$	$m_{46} = \ 1{,}330$

$m_{51} = \ 0{,}096$	$m_{61} = \ 0{,}560$
$m_{52} = -\ 0{,}135$	$m_{62} = \ 0{,}097$
$m_{53} = \ 0{,}096$	$m_{63} = -\ 0{,}250$
$m_{54} = -\ 3{,}770$	$m_{64} = \ 1{,}330$
$m_{56} = -\ 3{,}770$	$m_{65} = \ 3{,}860$

Odată aflați coeficienții m'_{ik} (prin împărțirea lui m_{ik} la m_{ii}) putem scrie sistemul de ecuații (1'):

Tablou 1

Elementele elastico - geometrice

1	nod i	1		2			3		4			5				6			7	8	9
2	nod k	2	4	1	3	5	2	6	1	5	7	4	2	6	8	5	3	9	4	5	6
3	l_{ik}	60	40	60	60	40	60	40	40	60	48	60	40	60	48	60	40	48	48	48	48
4	I_{ik}	54	16	54	54	2,8	54	16	16	128	31,25	128	2,8	128	16	128	16	31,25	31,25	16	31,25
5	k_{ik}	3,6	1,6	3,6	3,6	2,8	3,6	1,6	1,6	8,56	2,60	8,56	0,28	8,56	1,32	8,56	1,6	2,60	2,60	1,32	2,60
6	ΣK_{ik}	5,20		7,48			5,20		12,76			18,72				12,76			1	1	1
7	Υ_{ik}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0
8	r_{ik}	0,69	0,31	0,481	0,481	0,038	0,69	0,31	0,126	0,67	0,204	0,461	0,015	0,461	0,063	0,67	0,126	0,204	1	1	1
9	$\bar{K}^{A}_{ik}$	—	2,4	—	—	0,42	—	2,4	2,4	—	—	—	0,42	—	—	—	2,4	—	—	—	—
10	$\bar{K}^{B}_{ik}$		—	—	—	—	—	—	—	—	3,90	—	—		1,98	—	—	3,9	3,9	1,98	3,9
11	$\Sigma \bar{K}^{A}_{ik}$									10,44											
12	$\Sigma \bar{K}^{A}_{ik}$									19,56											
13	ν^{A}_{ik}	—	0,23	—	—	0,04	—	0,23	0,23	—	—	—	0,04	—	—	—	0,23	—	—	—	—
14	ν^{B}_{ik}	—	—	—	—	-	—	—	—	—	0,199	—	—	—	0,102	—	—	0,199	0,199	0,102	0,199
15	m_{ii}	4,648		7,463			4,648		11,432			18,501				11,432			0	0	0
16	μ'_{ii}	0,893		0,998			0,893		0,896			0,989				0,896					

$$(11)\quad \begin{cases} \varphi_1 - 0{,}365\,\varphi_2 + 0{,}120\,\varphi_3 - 0{,}054\,\varphi_4 + 0{,}020\,\varphi_5 + 0{,}120\,\varphi_6 + \varphi_1^0 = 0, \\ -0{,}227\,\varphi_1 + \varphi_2 - 0{,}227\,\varphi_3 + 0{,}013\,\varphi_4 - 0{,}0175\,\varphi_5 + 0{,}013\,\varphi_6 + \varphi_2^0 = 0, \\ 0{,}120\,\varphi_1 - 0{,}365\,\varphi_2 + \varphi_3 + 0{,}120\,\varphi_4 + 0{,}020\,\varphi_5 - 0{,}054\,\varphi_6 + \varphi_3^0 = 0, \\ -0{,}022\,\varphi_1 + 0{,}0085\,\varphi_2 + 0{,}0489\,\varphi_3 + \varphi_4 - 0{,}3375\,\varphi_5 + 0{,}116\,\varphi_6 + \varphi_4^0 = 0, \\ 0{,}0052\,\varphi_1 - 0{,}0073\,\varphi_2 + 0{,}0052\,\varphi_3 - 0{,}204\,\varphi_4 + \varphi_5 - 0{,}204\,\varphi_6 + \varphi_5^0 = 0, \\ 0{,}0489\,\varphi_1 + 0{,}0085\,\varphi_2 - 0{,}022\,\varphi_3 + 0{,}116\,\varphi_4 - 0{,}3375\,\varphi_5 + \varphi_6 + \varphi_6^0 = 0. \end{cases}$$

φ_i^0 se calculează cu ajutorul relaţiei

$$\varphi_i^0 = \frac{\mathfrak{M}_i}{m_{ii}},$$

în care $\mathfrak{M}_i$ se determină din relaţia (4).

Aşa dar, termenii liberi din sistemul (1') vor fi:

$$\varphi_1^0 = \frac{\mathfrak{M}_1}{m_{11}} = \frac{87.600}{4{,}648} = 18.865;\ \varphi_2^0 = 643;\ \varphi_3^0 = -6977;\ \varphi_4^0 = 18.131;\ \varphi_5^0 =$$

$$= 3274;\ \varphi_6^0 = 4066.$$

Tabloul 2 cuprinde rezolvarea iterativă a sistemului de ecuaţii (1').

2. Echilibrarea momentelor active numai de nod.

Ecuaţiile de condiţie a metodei deformaţiilor folosind momentele active numai de nod [4]:

$$(5)\quad \begin{cases} \mu'_{11}M_1 + \mu'_{12}M_2 + \mu'_{13}M_3 + \ldots\ldots \mu'_{1i}M_i + \mathfrak{M}'_1 = 0, \\ \mu'_{21}M_1 + \mu'_{22}M_2 + \mu'_{23}M_3 + \ldots\ldots \mu'_{2i}M_i + \mathfrak{M}'_2 = 0, \\ \vdots \\ \mu'_{i1}M_1 + \mu'_{i2}M_2 + \mu'_{i3}M_3 + \ldots\ldots \mu'_{ii}M_i + \mathfrak{M}'_i = 0, \end{cases}$$

le modificăm, împărţind fiecare ecuaţie prin coeficienţii termenului principal (μ'_{kk}) şi obţinem:

$$(5)\quad \begin{cases} M_1 + \mu''_{12}M_2 + \mu''_{13}M_3 + \ldots\ldots \mu''_{1i}M_i + \mathfrak{M}''_i = 0, \\ \mu_{21}M_1 + M_2 + \mu''_{23}M_3 + \ldots\ldots \mu''_{2i}M_i + \mathfrak{M}''_2 = 0, \\ \vdots \\ \mu''_{i1}M_1 + \mu''_{i2}M_2 + \mu''_{i3}M_3 + \ldots\ldots M_i + \mathfrak{M}''_i = 0. \end{cases}$$

Coeficienţii „μ''_{ik}" ne dau tocmai coeficienţii de transmitere a momentelor active între noduri.

Calculul coeficienţilor „μ_{ik}" şi a termenilor liberi „$\mathfrak{M}''_k$" se face uşor ştiind că $\mu''_{ik} = \frac{\mu'_{ik}}{\mu'_{ii}}$ şi $\mathfrak{M}''_k = \frac{\mathfrak{M}'_k}{m'_{kk}}$ iar expresiile coeficienţilor „μ'_{ik}" şi termenilor liberi „$\mathfrak{M}'_k$" au fost deduse pentru cadre etajate [4]:

Tablou 2

Operațiile de echilibrare din noduri

nod i	1	2	3	4	5	6
nod k	2 3 4 5 6	1 3 4 5 6	1 2 4 5 6	1 2 3 5 6	1 2 3 4 6	1 2 3 4 5
m'_{ki}	$m'_{21}=-0,227$	$m'_{12}=-0,365$	$m'_{13}=0,120$	$m'_{14}=-0,054$	$m'_{15}=0,020$	$m'_{16}=0,120$
	$m'_{31}=0,120$	$m'_{32}=-0,365$	$m'_{23}=-0,227$	$m'_{24}=0,013$	$m'_{25}=-0,0175$	$m'_{26}=0,013$
	$m'_{41}=-0,022$	$m'_{42}=0,0085$	$m'_{43}=0,0489$	$m'_{34}=0,120$	$m'_{35}=0,020$	$m'_{36}=-0,054$
	$m'_{51}=0,0052$	$m'_{52}=-0,0073$	$m'_{53}=0,0052$	$m'_{54}=-0,204$	$m'_{45}=-0,3375$	$m'_{46}=0,116$
	$m'_{61}=0,0489$	$m'_{62}=0,0085$	$m'_{63}=-0,022$	$m'_{64}=0,116$	$m'_{65}=-0,3375$	$m'_{56}=-0,204$
φ_i^{01}	18.865	643	—6977	18.131	3274	4066
1	18.865	—4282	2264	— 415	98	922
4	— 957	230	2126	17.716	—3614	2055
6	845	91	— 380	817	—1437	7043
2	1211	— 3318	1211	— 28	24	—28
3	— 211	399	— 1756	- 86	— 9	39
5	— 33	29	— 33	562	—1664	562
4	- 68	16	152	1265	— 258	147
1	787	—179	95	— 17	4	38
6	91	10	— 41	88	— 155	758
5	— 8	7	— 8	138	—409	138
2	— 103	+ 282	—103	2	2	2
4	— 11	27	25	211	— 43	24
6	20	2	— 9	19	— 33	164
3	9	- 18	78	4	0	— 2
5	— 2	1	— 2	26	— 78	26
4	— 2	0	6	49	— 10	6
6	4	0	— 2	3	- 6	30
2	4	12	— 4	0	0	0
5	— 2	0	— 2	5 8	— 16	5 5
φ_i	19.650	— 3024	— 1680	19.249	— 2167	8000
M_i	10.218	— 2262	— 874	24.562	— 4057	10.208

(6) $$\mu'_{ii} = -1 + 1{,}5\, r_{is} \nu_{is} + 1{,}5\, r_{ij} \nu_{ij}$$

şi

(7) $$\mu'_{ki} = -0{,}5\, r_{ik} + 1{,}5\, r_{is} \nu_{ks} + 1{,}5\, r_{ij} \nu_{kj},$$

în care prin „r_{ik}" s-a notat rigiditatea relativă a barei „ik" faţă de nodul „i" ($r_{is} = \frac{K_{is}}{\Sigma K_{ik}}$), iar prin indicii „$s$" şi „$j$" s-au notat nodurile vecine, imediat superioare sau inferioare nodului considerat (fig. 2).

Anularea diferiţilor termeni ai relaţiei (7) se face în aceleaşi condiţii ca şi pentru cei din relaţia (3).

Termenii liberi $\mathfrak{M}'_i$ se calculează cu ajutorul relaţiei cunoscute [4] :

(8) $$\mathfrak{M}'_i = \mathfrak{M}_i + \nu_{is} L_s h_s + \nu_{ij} L_j h_j,$$

în care prin „L" s-au notat forţele de lunecare totală pe etaj iar prin „h" — înălţimea etajului.

Exemplu de calcul.

Coeficienţii μ''_{ik} se determină cu ajutorul relaţiei $\mu''_{ik} = \frac{\mu'_{ik}}{\mu'_{ii}}$ în care μ'_{ii} şi μ'_{ik} se calculează cu relaţiile (6), respectiv (7). Valorile coeficienţilor μ'_{ii} sînt trecute în tabloul cu elemente elastico-geometrice, în rîndul 16.

Coeficienţii μ'_{ik} vor avea următoarele valori :

$\mu'_{12} = -0{,}5\, r_{21} + 1{,}5\, r_{25} \nu_{14} = -0{,}5 \cdot 0{,}481 + 1{,}5 \cdot 0{,}038 \cdot 0{,}23 = +0{,}227$ şi în mod analog,

$\mu'_{13} = -0{,}107$; $\mu'_{21} = 0{,}327$; $\mu'_{31} = -0{,}107$; $\mu'_{41} = 0{,}0484$;

$\mu'_{14} = 0{,}0197$; $\mu'_{23} = 0{,}327$; $\mu'_{32} = 0{,}227$; $\mu'_{42} = -0{,}013$;

$\mu'_{15} = 0{,}005$; $\mu'_{24} = -0{,}0076$; $\mu'_{34} = -0{,}0437$; $\mu'_{43} = -0{,}107$;

$\mu'_{16} = -0{,}0437$; $\mu'_{25} = 0{,}0070$; $\mu'_{35} = 0{,}005$; $\mu'_{45} = 0{,}206$;

$\mu'_{26} = -0{,}0076$; $\mu_{36} = 0{,}0197$; $\mu'_{46} = -0{,}104$;

$\mu'_{51} = -0{,}0186$; $\mu'_{61} = -0{,}107$;

$\mu'_{52} = 0{,}0180$; $\mu'_{62} = -0{,}013$;

$\mu'_{53} = -0{,}0186$; $\mu'_{63} = 0{,}0484$;

$\mu'_{54} = 0{,}296$; $\mu'_{64} = -0{,}104$;

$\mu'_{56} = 0{,}296$; $\mu'_{65} = 0{,}206$.

Scriem acum sistemul de ecuaţii (5') a căror coeficienţi — μ''_{ik} — sînt coeficienţii de transmitere a momentelor active între noduri :

(5') $$\begin{cases} M_1 - 0{,}254\, M_2 + 0{,}120\, M_3 - 0{,}022\, M_4 + 0{,}0056\, M_5 + 0{,}049\, M_6 + \mathfrak{M}''_1 = 0, \\ -0{,}327\, M_1 + M_2 - 0{,}327\, M_3 + 0{,}0076\, M_4 - 0{,}007\, M_5 + 0{,}0076\, M_6 + \mathfrak{M}''_2 = 0, \\ 0{,}120\, M_1 - 0{,}254\, M_2 + M_3 + 0{,}049\, M_4 + 0{,}0056\, M_5 - 0{,}022\, M_6 + \mathfrak{M}''_3 = 0, \\ -0{,}054\, M_1 + 0{,}0145\, M_2 + 0{,}120\, M_3 + M_4 - 0{,}230\, M_5 + 0{,}116\, M_6 + \mathfrak{M}''_4 = 0, \\ 0{,}0188\, M_1 - 0{,}0182\, M_2 + 0{,}0188\, M_3 - 0{,}300\, M_4 + M_5 - 0{,}300\, M_6 + \mathfrak{M}''_5 = 0, \\ 0{,}120\, M_1 + 0{,}0145\, M_2 - 0{,}054\, M_3 + 0{,}116\, M_4 - 0{,}230\, M_5 + M_6 + \mathfrak{M}''_6 = 0. \end{cases}$$

Tablou 3

Operațiile de echilibrare a momentelor active din noduri

nod i	1	2	3	4	5	6
nod k	2 3 4 5 6	1 3 4 5 6	1 2 4 5 6	1 2 3 5 6	1 2 3 4 6	1 2 3 4 5
μ''_{ki}	$\mu''_{21}=-0,327$	$\mu''_{12}=-0,254$	$\mu''_{13}=0,120$	$\mu''_{14}=-0,022$	$\mu''_{15}=0,0056$	$\mu''_{16}=0,049$
	$\mu''_{31}=0,120$	$\mu''_{32}=-0,254$	$\mu''_{23}=-0,327$	$\mu''_{24}=0,0076$	$\mu''_{25}=-0,007$	$\mu''_{26}=0,0076$
	$\mu''_{41}=-0,054$	$\mu''_{42}=0,0145$	$\mu''_{43}=0,120$	$\mu''_{34}=0,049$	$\mu''_{35}=0,0056$	$\mu''_{36}=-0,022$
	$\mu''_{51}=0,0188$	$\mu''_{52}=-0,0182$	$\mu''_{53}=0,0188$	$\mu''_{54}=-0,300$	$\mu''_{45}=-0,230$	$\mu''_{46}=0,116$
	$\mu''_{61}=0,120$	$\mu''_{62}=0,0145$	$\mu''_{63}=-0,054$	$\mu''_{64}=0,116$	$\mu''_{65}=-0,230$	$\mu''_{56}=-0,300$
$\mathfrak{M}'_i$	9810	481	— 3628	23.135	6128	5188
4	— 509	176	1133	23.125	—6937	2683
1	9301	— 3041	1116	— 502	175	1116
6	440	68	— 198	1042	—2696	8987
5	— 19	23	— 19	766	—3330	766
2	528	— 2293	582	— 33	42	—33
4	— 28	10	62	1273	— 382	148
1	975	— 319	117	— 53	18	117
6	49	7	— 22	116	— 299	998
3	— 103	281	— 857	— 103	— 16	46
5	— 3	4	— 3	147	—637	147
6	9	1	— 4	22	— 58	193
4	— 3	1	6	129	— 39	15
1	— 51	17	— 6	3	— 1	— 6
5	0	1	0	23	— 98	23
6	2	0	— 1	4	— 10	32
4	— 1	0	1	30	— 9	3
5	0	0	0	4	— 19	4
3,6	— 1	2	— 7	0	— 2	7
	0	+ 5	0	4	— 2	0
M_i	10.225	— 2288	— 864	24.561	— 4086	10.217

Termenii liberi ai acestor ecuaţii au expresia :

$$\mathfrak{M}''_i = \frac{\mathfrak{M}'_i}{\mu'_{ii}}$$

în care $\mathfrak{M}_i$ se calculează cu ajutorul relaţiei (8) $\mathfrak{M}''_1 = \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}'_{11}} = \mathfrak{M}_1 + \nu_{14} \cdot L^A I^A h^A =$

$= (6000 + 0{,}23.3000.4) \frac{1}{0{,}893} = 9810$ şi în mod analog,

$\mathfrak{M}''_2 = 481$; $\mathfrak{M}''_3 = -3658$; $\mathfrak{M}''_4 = 23.135$; $\mathfrak{M}''_5 = 6128$; $\mathfrak{M}''_6 = 5188$.

Rezolvarea iterativă a sistemului de ecuaţii (5′) se efectuiază în tabloul 3.

Cunoscînd momentele active din noduri, cu ajutorul relaţiilor cunoscute se face trecerea la momentele din capete de bare.

Astfel momentele în capete riglelor sînt :

$M_{12} = 6000 - 0{,}69.10.225 + 0{,}24.2288 = -506$ kgm ; $M_{21} = -8457$; $M_{23} = 7399$; $M_{3?} = 4855$; $M_{41} = -6516$; $M_{54} = -15.344$; $M_{56} = 7461$; $M_{65} = -14.906$ kgm.

Momentele în capetele stîlpilor sînt :

$M_{14} = -0{,}31 \times 10.225 - 0{,}063 \times 24.561 + 1{,}5 \times 0{,}23\ (10.225 \times 0{,}31 + 24{,}561 \times 0{,}126 - 2288 \times 0{,}038 - 4186 \times 0{,}015 - 864 \times 0{,}31 + 10{,}207 \times 0{,}126) + 3000 \times 4 \times 0{,}2 = 505$ kgm.

$M_{41} = 542$; $M_{25} = 1028$; $M_{52} = 1015$; $M_{36} = 4846$; $M_{62} = 4068$; $M_{48} = 6000$; $M_{74} = 12.345$; $M_{58} = 6885$; $M_{85} = 6759$; $M_{69} = 10.846$; $M_{96} = 11.889$ kgm.

Catedra de Rezistenţa Materialelor

BIBLIOGRAFIE

1. A. Şesan şi N. Orlovschi, O generalizare a metodei distribuirii momentelor. St. şi Cerc. Şt., Acad. R.P.R. Filiala Iaşi, t. VII, 3–4, 1955 (sub tipar).
2. A. Şesan şi N. Popescu, Calculul cadrelor prin metoda rotirilor, Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Instit. Polit Iaşi, 1954, t. I, 1–2, pp. 171-184.
3. A. Şesan şi N. Popescu, O generalizare a metodei rotirilor. Teoria şi Practica Constr. Anul II, 1955, Nr. 2, Litogr. Inst. Polit. Iaşi.
4. A. Şesan şi N. Popescu, Calculul cadrelor folosind momentele active numai de nod. Acest Buletin, pp. 466-472.
5. A. Şesan şi N. Orlovschi, Variante şi simplificări ale metodei distribuirii momentelor, Teoria şi practica construcţiilor nr. 1, 1954, Litografia Institutului Politehnic Iaşi.
6. A. Şesan şi N. Popescu, O altă formă a ecuaţiilor de condiţie a metodei deformaţiilor. Teoria şi Practica Constr., Anul II 1955, Nr. 1, Lit. Inst. Polit. Iaşi.

ИТЕРРАТИВНЫЙ РАСЧЕТ РАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОДНИХ УЗЛОВ

(Краткое содержание)

В настоящей работе излагаются два новых вида метода распределения моментов для рам с параллельно смещающимися узлами, употребляя углы поворота узлов или активные моменты узлов.

Производя узловые последовательные реляксации над системой с свободными смещениями, расчет сведется к только одной стадии, реализуя при этом существенное сокращение операций во всех известных вариантах метода распределения моментов.

LE CALCUL ITÉRATIF DES CADRES UTILISANT SEULEMENT L'ÉQUILIBRE DES NOEUDS

(Résumé)

On présent deux nouvelles formes de la méthode de la distribution des moments aux cadres à noeuds parallement déplaçables, utilisant les rotations de noeud ou les moments actifs au noeud.

Les déverrouillage successifs des noeuds s'effectuant sur un système à déplacements libres, le calcul est réduit à un seul degré, réalisant une simplification essentielle des opérations des différentes variantes connues jusqu'à présent, de la méthode de la distribution des moments.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

SIMPIFICĂRI IN CALCULUL CADRELOR PRIN FOLOSIREA METODEI TRANSMITERII MOMENTELOR

DE

NICOLAE POPESCU

In lucrarea „O nouă metodă de calcul a cadrelor cu bare frînte" [3] s-au stabilit ecuaţiile de condiţie generale, ce au ca necunoscute ale sistemului, rotirile nodurilor şi rotirile barelor principale (cîte o bară principală, pentru fiecare grad de libertate aleasă în mod arbitrar).

Rezolvarea prin iteraţie a acestor ecuaţii ne-a condus la metoda distribuirii momentelor generalizată [4], ce permite determinarea momentelor reale din capetele barelor în treapta II-a de calcul, pe o singură schemă — ca în treapta I-a de calcul — evitîndu-se rezolvarea oricărui sistem de ecuaţii, în timp ce folosirea deplasărilor şi lucrului mecanic virtual la calculul momentelor din treapta II-a [2] necesita determinarea unor momente arbitrare, pe un număr de scheme egal cu numărul gradelor de libertate ale sistemului, precum şi rezolvarea unui sistem de k ecuaţii cu k necunoscute (k fiind numărul gradelor de libertate), pentru stabilirea coeficienţilor de corecţie a acestor momente.

Substituind în ecuaţiile de condiţie generale, necunoscutele rotiri de noduri şi bare, prin necunoscute momente de noduri şi de pe barele principale, s-a stabilit următorul sistem de ecuaţii [4]:

$$(1)\quad \begin{cases} \mu_{11} M_1 + \mu_{12} M_2 + \ldots + \mu_{1n} M_n + \mu_{1A} M_A + \ldots + \mu_{1k} M_k + \mathfrak{M}_1 = 0 \\ \mu_{21} M_1 + \mu_{22} M_2 + \ldots + \mu_{2n} M_n + \mu_{2A} M_A + \ldots + \mu_{2k} M_k + \mathfrak{M}_2 = 0 \\ \mu_{n1} M_1 + \mu_{n2} M_2 + \ldots + \mu_{nn} M_n + \mu_{nA} M_A + \ldots + \mu_{nk} M_k + \mathfrak{M}_n = 0 \\ \mu_{A1} M_1 + \mu_{A2} M_2 + \ldots + \mu_{An} M_n + \mu_{AA} M_A + \ldots + \mu_{Ak} M_k + \mathfrak{M}_A = 0 \\ \mu_{k1} M_1 + \mu_{k2} M_2 + \ldots + \mu_{kn} M_n + \mu_{kA} M_A + \ldots + \mu_{kk} M_k + \mathfrak{M}_k = 0 \end{cases}$$

în care:

μ_{ii} = momentul ce se produce în nodul i, cînd acesta a fost acţionat de un moment unitar ($\overline{M}_i = 1$).

μ_{in} = momentul ce se produce în nodul i, atunci cînd nodul n-a fost

acţionat de un moment unitar ($\bar{M}_n = 1$).

μ_{Ai} = momentul ce se produce pe baza principală A, atunci cînd nodul i a fost acţionat de un moment unitar ($\bar{M}_i = 1$).

μ_{iA} = momentul ce se produce în nodul i, atunci cînd bara principală A a fost acţionată de un moment unitar ($\bar{M}_A = 1$).

μ_{AA} = momentul ce se produce pe bara principală A, atunci cînd aceasta a fost acţionată de un moment unitar ($\bar{M}_A = 1$).

μ_{Ak} = momentul ce se produce pe bara principală A atunci cînd bara principală k a fost acţionată de un moment unitar ($\bar{M}_k = 1$).

$\mathfrak{M}_i = \sum_i \mathfrak{M}_{in}$ = suma momentelor de încastrare perfectă din nodul i date de încărcările exterioare.

$\mathfrak{M}_A$ = momentul produs pe bara pe bara principală A, de încărcările exterioare.

Făcînd notaţiile:

$K_{in} = \dfrac{a_{in} E . I^0_{in}}{l_{in}}$ = rigiditatea absolută la încovoiere în capătul „i" a barei „$i - n$",

$K_{ii} = \sum_i K_{in}$ = rigiditatea nodului i,

$\gamma_{in} K_{in} = \dfrac{\bar{b}_{in} E I^0_{in}}{l_{in}}$ = momentul transmis capătului „n", atunci cînd capătul „i" a suferit o rotire unitară, ($\gamma_{in} = \dfrac{\bar{b}_{in}}{\bar{a}_{in}}$ = coeficientul de transmitere a momentului de la „i" la „n"),

(2) $\bar{K}_{in} = \dfrac{\bar{C}_{in} E I^0_{in}}{l_{in}}$ = rigiditatea la deplasare în capătul „i" a barei „$i - n$". Coeficienţii $\bar{a}_{in}$ şi $\bar{b}_{in}$ se calculează cu ajutorul tabelelor [1] şi sînt în funcţie de variaţia momentului de inerţie al barelor ($\bar{C}_{in} = \bar{a}_{in} + \bar{b}_{in}$).

$\bar{K}'_{in,A} = \bar{K}_{in} \psi_{in,A}$ ($\psi_{in,A}$ fiind rotirea barelor ce fac parte din gradul de libertate A, produse de rotirea unitară a barei principale A),

$$\bar{K}'_{ii,A} = \sum_i K'_{in,A}; \qquad \bar{K}''_{in,A} = \bar{K}'_{in,A} . \psi_{in,A},$$

$\nu_{in} = -\dfrac{K_{in}}{K_{ii}}$ = coeficientul de repartizare în nodul „i" al barelor „$i - n$",

$\eta_{in} = \gamma_{in} \nu_{in}$ = coeficientul de transmitere al momentului din nodul „i" la nodul „n",

$\bar{\nu}'_{in,A} = -\dfrac{\bar{K}'_{in,A}}{\sum_A (\bar{K}''_{in,A} + \bar{K}''_{ni,A})}$ = coeficientul de repartizare al momentului de pe bara „A", în capătul „i" al barei „i" - „n",

$\bar{\eta}_{Ai} = -\sum_i \bar{\nu}'_{in,A}$ = coeficientul de transmitere al momentului de la bara „A" la nodul „i",

$\bar{\eta}_{iA} = -\dfrac{\bar{K}'_{ii,A}}{K_{ii}}$ = coeficientul de transmitere al momentului de la nodul „i" la bara „A",

am stabilit următoarele valori pentru coeficienții necunoscutelor și termenii liberi:

$$\mu_{ii} = \mu_{AA} = 1,$$

$$\mu_{in} = \eta_{ni}, \quad \mu_{ni} = \eta_{in}, \tag{3}$$

$$\mu_{iA} = \bar{\eta}_{Ai}, \quad \mu_{Ai} = \bar{\eta}_{iA}$$

$\mu_{AB} = -\sum_{A} (\bar{\nu}'_{inB} + \bar{\nu}'_{ni,B})\,\psi_{in,A} = \bar{\eta}_{BA}$ = coeficientul de transmitere a momentului de la bara B la bara A,

$$\mathfrak{M}_l = \sum_i \mathfrak{M}_{in},$$

$\mathfrak{M}_A = L_A^F$ = lucrul mecanic produs de încărcările exterioare atunci cînd bara principală „A" a suferit o rotire unitară, celelalte bare principale fiind împiedicate să se rotească.

Rezolvarea prin iterație a ecuațiilor de condiție (1) ne va conduce la o formă mecanizată de calcul ușor de urmărit, ce va consta numai din operații de transmitere a momentelor.

In metoda ce o propunem, operațiile de transmitere a momentelor se efectuiază într-o singură treaptă (treapta I-a și treapta II-a contopindu-se), calculul conducîndu-se direct pe schema cadrului, sau organizîndu-se sub formă tabelară.

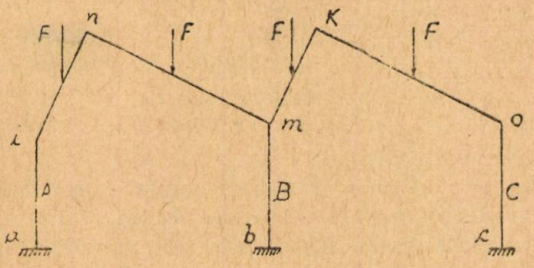


Fig. 1

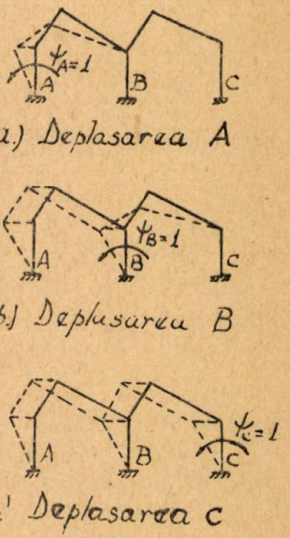


Fig. 2

Ca regulă de semne vom folosi regula obișnuită în metoda deformațiilor.

Metoda fiind generală, putîndu-se aplica la rezolvarea cadrelor de orice formă, vom face discuția sa pe un cadru de bare frînte, iar apoi particularizările respective pentru cazul cadrelor obișnuite.

Fie deci cadrul din fig. 1 ce are trei grade de libertate (fig. 2) încărcat cu o serie de sarcini exterioare.

Dacă rigidizăm toate nodurile cadrului, iar rotirile barelor prin-

cipale *ia*(*A*), *mb* (*B*), *oc* (*C*), le considerăm împiedecate prin introducerea unor legături suplimentare, am transformat cadrul într-un sistem de bare încastrate la capete şi cu reazemele fixe.

Datorită acţiunii sarcinilor exterioare, în noduri se nasc momentele $\mathfrak{M}_i = \sum_i \mathfrak{M}_{in}$ iar pe barele principale *A*, *B*, *C*, momentele $\mathfrak{M}_A$, $\mathfrak{M}_B$, $\mathfrak{M}_c$ (fig. 3).

Eliminînd încastrarea din nodul „*i*", acesta se va roti sub acţiunea momentului $\mathfrak{M}_i$, iar în nodurile vecine „*n*" se produc momente egale cu $\eta_{in}\ \mathfrak{M}_i$.

In acelaşi timp se produc momente şi pe barele principale *A* egale cu $\eta_{iA}\ \mathfrak{M}_i$.

Dacă se îndepărtează legătura ce împiedică rotirea barei principale *A*, în toate nodurile ce fac parte din gradul de libertate *A* se transmit momente egale cu $\eta_{Ai}\ \mathfrak{M}_A$, iar pe celelalte bare principale *B* se transmit momentele $\eta_{AB}\ \mathfrak{M}_A$.

Rezultă deci, că în operaţiile de echilibrare a momentelor, barele principale se comportă ca nişte noduri, ce sînt legate cu bare fictive de toate nodurile ce fac parte din gradul de libertate respectiv precum şi de celelalte bare principale. (noduri fictive) (fig. 4).

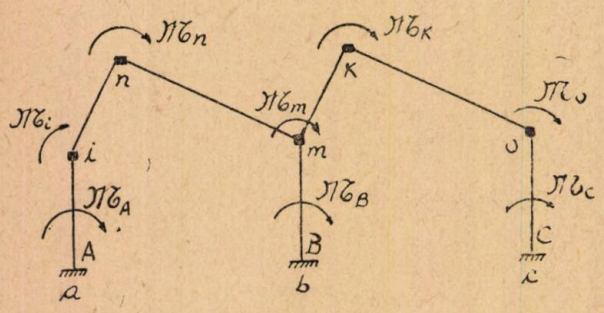


Fig. 3

Relaxînd succesiv nodurile cadrului şi barele principale *A* (nodurile fictive $\bar{A}$), în nodurile vecine reale sau fictive se transmit momente proporţionale cu η sau $\bar{\eta}$.

Repetînd operaţiile de relaxare de mai multe ori, pentru fiecare nod real sau fictiv, se obţine prin însumarea la momentul iniţial ($\mathfrak{M}_i$ sau $\mathfrak{M}_A$) a momentelor transmise, momentul total din noduri (M_i) sau de pe barele principale (M_A).

Trecerea de la momentul din nod la momentul din capătul barelor se face cu ajutorul relaţiei:

$$M_{in} = \mathfrak{M}_{in} + \nu_{in} M_i + \eta_{in} M_n - \bar{\nu}'_{in,A}\ M_A - \bar{\nu}'_{in,B} M_B - \bar{\nu}'_{in,k}\ M_k .$$

Pentru exemplificare vom calcula prin această metodă, momentele încovoietoare ale cadrului din fig. 5, ce a fost rezolvat prin metoda distribuirii momentelor cu lucrul mecanic virtual [2].

Cadrul va avea două grade de libertate, alegînd ca deplasări distincte pe cele indicate în fig. 6, iar ca bare principale stîlpii *ab* (*A*) şi *de* (*B*).

Rotirile barelor ce fac parte din lanţul cinematic al unui grad de libertate, se vor determina în funcţie de rotirea unitară, a barei principale respective.

Modulul de elasticitate *E*, fiind acelaşi pentru întreg sistemul, se va lua în calcul unitar.

Cadrul avînd bare cu moment de inerție constant, rezultă următoarele valori pentru coeficienții $\bar{a}$, $\bar{b}$ și $\bar{c}$:

$$\bar{a}_{in} = \bar{a}_{ni} = 4, \quad \bar{b}_{in} = \bar{b}_{ni} = 2, \quad \bar{c}_{in} = \bar{c}_{ni} = 6.$$

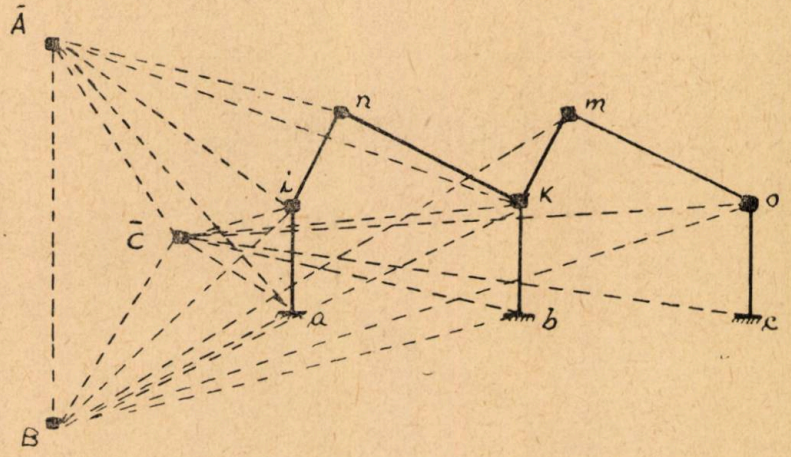


Fig. 4

Momentele de încastrare perfectă din capetele barelor fiind: $\mathfrak{M}_{bc} = -5{,}33$ tm, $\mathfrak{M}_{cb} = +5{,}33$ tm, rezultă următoarele valori pentru momentele active din noduri:

$$\mathfrak{M}_a = 0, \quad \mathfrak{M}_b = -5{,}33 \text{ tm}, \quad \mathfrak{M}_c = +5{,}33 \text{ tm},$$
$$\mathfrak{M}_d = 0, \quad \mathfrak{M}_e = 0.$$

Pe barele principale A și B se produc momentele:

$$\mathfrak{M}_A = L_A^F = F\,\psi_{bc},\ _A\frac{L'_{bc}}{2} = 8 \times 0{,}833 \times \frac{8}{2} = +26{,}66 \text{ tm},$$

$$\mathfrak{M}_B = 0.$$

Ținînd seama de faptul că nodurile a', b, c și d fac parte din gradul de libertate A, iar nodurile a, b, d și e fac parte din gradul de libertate B, schema de calcul cu noduri reale și fictive va fi cea indicată de fig. 7.

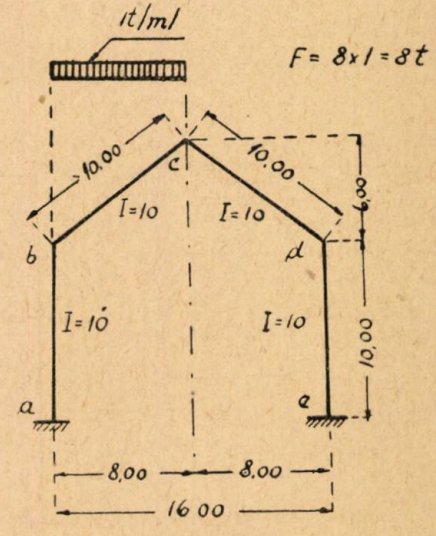


Fig. 5

In tabloul 1 au fost calculate toate elementele caracteristice barelor și nodurilor.

Pentru o mai ușoară urmărire a operațiilor de echilibrare a nodurilor (reale și fictive) prin transmiterea momentelor de la nodurile relaxate la nodurile vecine, vom organiza calculul sub forma tabelară (tabloul 2). In primul rînd s-au înscris toate nodurile „i" reale și fictive (barele principale), creîndu-se pentru fiecare cîte o coloană.

Tabloul 1

Nod i	a			b				c			d				e		$\bar{A}$					$\bar{B}$				
Nod n	b	$\bar{A}$	B	a	c	$\bar{A}$	$\bar{B}$	b	d	$\bar{A}$	c	e	$\bar{A}$	$\bar{B}$	d	$\bar{B}$	a	b	c	d	$\bar{B}$	a	b	d	e	$\bar{A}$
l	10	—	—	10	10	—	—	10	10	—	10	10	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
l	10	—	—	10	10	—	—	10	10	—	10	10	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_{in} = 4I/l$	4	—	—	4	4	—	—	4	4	—	4	4	—	—	4		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$K_{ii} = \sum_i K_{in}$	4			8				8			8				4		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\gamma_{in} = -K_{in}/K_{ii}$	—	—	—	— 0,5	— 0,5	—	—	— 0,5	— 0,5	—	— 0,5	— 0,5	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
ν_{in}	-	—	—	— 0,5	— 0,5	—	—	— 0,5	— 0,5	—	— 0,5	— 0,5	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—
$\eta_{in} = \gamma_{in}\,\nu_{in}$	—	-	—	— 0,25	— 0,25	—	—	— 0,25	— 0,25	—	— 0,25	— 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\bar{K}_{in} = 6I/l$	6	—	—	6	6	—	—	6	6	—	6	6	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — Ψ_{in}	— 1	—	—	— 1	0,833	—	—	- 0,839	— 0,839	—	— 0,893	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{K}'_{in} = K_{in}\,\Psi_{in}$	— 6	—	—	— 6	+ 5	—	—	+ 5	- 5	—	— 5	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{K}'_{ii} = \sum_i \bar{K}'_{in}$	—			— 1				0			— 5						—	—		—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{\eta}_{iA} = -\bar{K}'_{ii}/K_{ii}$	—			+ 0,125				0			+ 0,625						—	—	—		—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{K}''_{in} = \bar{K}'_{in} \cdot \Psi_{in}$	+ 6		—	+ 6	+4,166	—	—	+4,166	+4,166	—	+4,165	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{\nu}'_{in,A}$	— 0,21	—	—	— 0,21	+0,174	—	—	+0,174	+0,174	—	—0,174	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{\eta}_{Ai} = -\sum_i \bar{\nu}'_{in,A}$	+ 0,21			+ 0,036				0			+ 0,174				0		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin A — $\bar{\nu}'_{in,A} \cdot \Psi_B$	+0,21	—	—	+ 0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		$\bar{\eta}_{AB} = -0,420$					—	—	—	—	—
Bara prin B — Ψ_{in}	— 1	—	—	— 1	—	—	—	—	—	—	—	— 1	—	—	— 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{K}'_{in} = \bar{K}_{in}\,\Psi_{in}$	— 6	-	—	— 6	-	—	-	—	—	—	—	— 6	—	—	— 6	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{K}'_{ii} = \sum_i \bar{K}'_{in}$	—			— 6				0			— 6						—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{\eta}_{iB} = -\bar{K}'_{ii}/K_{ii}$	—			+ 0,75				0			+ 0,75						—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{K}''_{in} = \bar{K}'_{in} \cdot \Psi_{in}$	6	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{\nu}'_{in,B}$	—0,25	—	-	—0,25	—		—	—	—	—	—	— 0,25	-	—	—0,25	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
Bara prin B — $\bar{\eta}_{Bi} = -\Sigma\,\bar{\nu}'_{in,B}$	+ 0,25			+ 0,25				—			+ 0,25				+ 0,25		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bara prin B — $\bar{\nu}'_{in,B} \cdot \Psi_A$	+ 0,25	—	—	+ 0,25	—	-	—	—	—	—	—	—	—	-	—	—	—					$\bar{\eta}_{BA} = -0,50$					

Tabloul 2

Determinarea momentelor din noduri și de pe barele principale

1	Nod relaxat L	a			b				c			d				e		$\bar{A}$					$\bar{B}$				
2	Nod vecin Ω	b	$\bar{A}$	$\bar{B}$	a	b	$\bar{A}$	$\bar{B}$	b	d	$\bar{A}$	c	e	$\bar{A}$	$\bar{B}$	0	0	a	b	c	d	$\bar{B}$	a	b	d	e	$\bar{A}$
3	ηin , $\bar{\eta} in$	0	0	0	− 0,25	− 0,25	+ 0,125	+ 0,75	−0,25	−0,25	0	− 0,25	− 0,25	+ 0,625	+ 0,75	d	B	+ 0,210	+ 0,136	0	+ 0,174	− 0,42	+ 0,25	+ 0,25	+ 0,25	+ 0,25	− 0,50
4	$\mathfrak{M}_F$		0,000		− 5,330				+ 5,330			0,000					0,000	+26,660					0,000				
5	$\bar{A}$		+ 5,599		+ 0,960				0,000			+ 4,638					0,000	—			+26,660		−11,197				
6	$\bar{B}$		− 2,799		− 2,799				0,000			− 2,799					− 2,799	+ 5,598					—				−11,197
7	b		+ 1,792		—		− 7,169		+ 1,792			0,000					0,000	− 0,896					− 5,377				
8	c		0,000		− 1,781				—		+ 7,122	− 1,781					0,000	0,000					0,000				
9	$\bar{B}$		− 1,344		− 1,344				0,000			− 1,344					− 1,344	+ 2,688					—				− 5,377
10	$\bar{A}$		+ 1,551		+ 0,266				0,000			+ 1,287					0,000	—			+ 7,390		− 3,104				
11	$\bar{B}$		− 0,776		0,766				0,000			− 0,776					− 0,776	+ 1,552					—				− 3,104
12	b		+ 0,909		—		− 3,635		+ 0,909			0,000					0,000	− 0,454					− 2,726				
13	$\bar{B}$		− 0,681		− 0,682				0,000			− 0,681					− 0,682	+ 1,363					-				- 2,726
14	$\bar{A}$		+ 0,517		+ 0,089				0,000			+ 0,428					0,000	—			+ 2,461		— ,034				
15	$\bar{B}$		− 0,259		− 0,258				0,000			− 0,259					− 0,258	+ 0,517					—				− 1,034
16	d		0,000		0,000				+ 0,322			—		− 1,287			+ 0,322	− 0,804					- 0,965				
17	c		0,000		− 0,308				—		+ 1,231	− 0,308					0,000	0,000					0,000				
18	b		+ 0,290		—		− 1,159		+ 0,290			0,000					0,000	− 0,145					− 0,869				
19	$\bar{B}$		− 0,458		− 0,459				0,000			− 0,458					− 0,459	+ 0,917					-				− 1,834
20	d		0,000		0,000				+ 0,191			—		− 0,766			+ 0,191	− 0,478					− 0,574				
21	$\bar{B}$		− 0,144		− 0,143				0,000			− 0,144					− 0,143	+ 0,287					—				− 0,574
22	b		+ 0,150		—		0,602		+ 0,150			0,000					0,000	− 0,075					− 0,451				
23	c		0,000		− 0,158				—		0,631	− 0,158					0,000	0,000					0,000				
24	$\bar{B}$		− 0,113		− 0,113				0,000			− 0,113					− 0,113	+ 0,226					—				− 0,451
25	$\bar{A}$		+ 0,093		+ 0,016				0,000			+ 0,078					0,000	—			+ 0,445		− 0,187				
26	d		0,000		0,000				+ 0,084			—		− 0,337			+ 0,084	− 0,210					− 0,252				
27	$\bar{B}$		− 0,109		− 0,110				0,000			− 0,109					− 0,110	+ 0,219					—				0,439
28	b		+ 0,091		—		− 0,365		+ 0,091			0,000					0,000	− 0,046					− 0,273				
29	$\bar{B}$		− 0,068		− 0,068				0,000			− 0,068					− 0,068	+ 0,136					-				− 0,273
30	Mi		+ 4,241		−12,998				+ 9,159			− 2,567					− 6,155	+37,055					−27,009				

Fiecare nod are ca subdiviziune, în coloană, toate nodurile „n" învecinate (rîndul 2).

În rîndul 3 s-au dat coeficienții de transmitere de la nodul „i" la nodul „n" (η și $\bar{\eta}$) ce au fost calculați în tabloul 1.

Momentele din noduri și momentele de pe barele principale (nodurile fictive) au fost înscrise cu semnul rezultat din calcul — ținîndu-se seama de regula de semne a metodei deformațiilor — în rîndul 4.

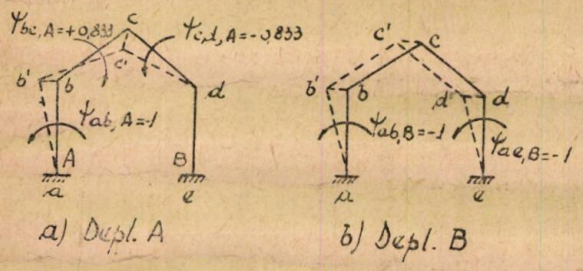


Fig. 6

În rîndurile 5 –29 s-au efectuat operațiile de transmitere a momentelor, prin relaxarea succesivă a nodurilor, în ordinea mărimii momentelor active.

Se relaxează mai întîi nodul $\bar{A}$ ce este acționat de un moment activ egal cu 26,660 tm, valoare ce se înscrie în rîndul următor (5), în a doua jumătate a coloanei A.

Nodurile la care se fac transmiterile, sînt indicate în rîndul 2 (coloana $\bar{A}$), iar coeficienții de transmitere respectivi în rîndul 3 (coloana $\bar{A}$).

Momentele transmise au valorile:

Nodul a: + 0,210 × 26,660 = + 5,559,
Nodul b: + 0,036 × 26,660 = + 0,960,
Nodul c: 0 × 26,660 = 0,000,
Nodul d: + 0,174 × 26,660 = + 4,638,
Nodul $\bar{B}$: − 0,420 × 26,660 = − 11,197.

Aceste momente se înscriu în partea stîngă a coloanelor respective, pe același rînd cu momentul activ ce le-a provocat (5).

Se relaxează apoi nodul $\bar{B}$ în care momentul activ are valoarea — 11,197 ce a fost înscrisă în rîndul 6 în a doua jumătate a coloanei $\bar{B}$.

Momentele transmise au valorile:

Nodul a: − 0,25 × 11,197 = − 2,799,
Nodul b: − 0,25 × 11,197 = − 2,799,
Nodul d: − 0,25 × 11,197 = − 2,799,
Nodul e: − 0,25 × 11,197 = − 2,799,
Nodul $\bar{A}$: − 0,50 × 11,197 = + 5,598.

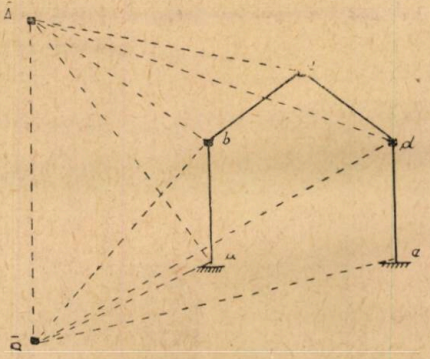


Fig. 7

Aceste valori se înscriu în coloanele respective (rîndul 6).

În rîndul 7 s-au înscris momentele transmise prin relaxarea nodului b; valoarea momentului activ din acest nod este:

$$-5{,}330 + 0{,}960 - 2{,}799 = -7{,}169,$$

iar momentele transmise au valorile:

Nodul a: + 0,25 × 7,169 = + 1,792,
Nodul c: + 0,25 × 7,169 = + 1,792,
Nodul $\bar{A}$: − 0,125 × 7,169 = − 0,896,
Nodul $\bar{B}$: − 0,750 × 7,169 = − 5,377.

Se procedează identic cu toate celelalte noduri, repetîndu-se operațiile de relaxare a nodurilor pînă la aproximația dorită.

Momentele finale (M_i) se obțin prin însumarea algebrică pe coloane a tuturor momentelor cuprinse în rîndurile 4—29. Valoarea acestor momente a fost înscrisă în rîndul 30.

Valoarea momentelor din capetele barelor se obține cu ajutorul relației (4)

$$M_{ba} = + 0{,}5 \times 12{,}998 + 0{,}210 \times 37{,}055 - 0{,}25 \times 27{,}009 = + 7{,}530,$$
$$M_{bc} = - 5{,}33 + 0{,}5 \times 12{,}998 - 0{,}25 \times 9{,}159 - 0{,}174 \times 37{,}055 = + 7{,}57,$$
$$M_{cb} = + 5{,}33 - 0{,}5 \times 9{,}159 + 0{,}25 \times 12{,}998 - 0{,}174 \times 37{,}065 = - 2{,}45,$$
$$M_{cd} = - 0{,}5 \times 9{,}159 + 0{,}25 \times 2{,}567 + 0{,}174 \times 37{,}055 = + 2{,}490,$$
$$M_{dc} = + 0{,}5 \times 2{,}567 - 0{,}25 \times 9{,}159 + 0{,}174 \times 37{,}055 = + 5{,}44,$$
$$M_{de} = + 0{,}5 \times 2{,}567 - 0{,}25 \times 27{,}009 = - 5{,}47.$$

Pentru M_{ab} și M_{ed} obținem valorile direct din tabela 2:

$$M_{ab} = + 4{,}24,$$
$$M_{ed} = - 6{,}16.$$

Diagrama momentelor încovoietoare este dată în fig. 8.

Se constată că se obțin aceleași valori pentru momentele din capetele barelor, ca și în cazul rezolvării prin metoda distribuirii momentelor, folosind lucrul mecanic virtual.

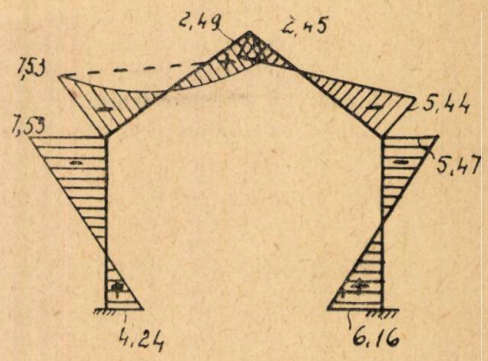


Fig. 8

In cazul cadrelor cu rigle drepte și stîlpi paraleli, pentru fiecare etaj va corespunde un nod fictiv ce va fi legat cu bare fictive de nodurile reale ale etajului respectiv. Intrucît deplasările unui etaj (B) dau rotiri nule pentru barele tuturor celorlalte etaje (A), rezultă că expresia:

$$\mu_{AB} = - \sum_{A} (\nu'_{in,B} + \bar{\nu}'_{ni,B}) \psi_{in,A} = \eta_{BA} = 0.$$

Deci nu vom avea transmiteri de momente de la bara principală B, coeficientul de transmitere η_{BA} fiind egal cu zero, astfel că nodurile fictive nu vor fi legate între ele cu bare fictive.

Mersul calculului se conduce întocmai ca și în cazul cadrelor cu bare frînte. Pentru cadrele ce nu au deplasări, nodurile fictive dispar, iar transmiterea momentelor se face numai între nodurile reale.

Concluzii

1. Metoda transmiterii momentelor, ce reprezintă calculul prin iterație a ecuațiilor de condiție generale, cu necunoscute momente din noduri și de pe barele principale, aduce simplificări importante în rezolvarea cadrelor, unind operațiile de echilibrare a nodurilor într-o singură treaptă de calcul și evitînd rezolvarea oricărui sistem de ecuații.

2. Metoda are un caracter general, putîndu-se aplica tuturor sistemelor static nedeterminate.

3. Toate metodele bazate pe echilibrarea nodurilor prin transmiterea momentelor sau a deformațiilor, stabilite pentru cazul cadrelor cu noduri paralel deplasabile, apar ca particularizări ale acestei metode generale.

(primită la 10 iulie 1955)

Catedra de Rezistența Materialelor

BIBLIOGRAFIE

1. Guldan R., *Rahmentragwerke und Durchlauftäger*, Springer Verlag, Wien 1943.
2. Mazilu P., *Calculul cadrelor*, București, 1946.
3. Popescu N., O nouă metodă de calcul a cadrelor cu bare frinte. (Comunicare prezentată la Academia R.P.R. Filiala Iași în ședința din 26.I.1955).
2. Popescu N., Generalizarea metodei distribuirii momentelor pentru calculul cadrelor cu bare frinte. (Comunicare prezentată la Academia R.P.R., Filiala Iași, în ședința din 26.I.1955).

УПРОЩЕНИЕ РАСЧЕТА РАМ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ МОМЕНТОВ

(Краткое содержание)

Метод передачи моментов представляет расчёт путём итеррации уравнений общего условия, установленных автором в [3].

Указывается, что в операциях уравновешивания исходных моментов, главные стержни ведут себя, как узлы, связанные фиктивными стержнями со всеми реальными узлами, принадлежащими соответствующей степени свободы, а также, и остальными фиктивными узлами, соответствующими остальным главным стержням рамы.

Уравновешивание моментов сводится таким образом к операциям передачи имеющим место между узлами рамы (фиктивными и реальными), избегая решения любой системы уравнений.

Операции уравновешивания делаются по одной схеме рамы или по одной таблице.

Метод носит общий характер, он применим ко всем статически неопределимым структурам.

SIMPLIFICATIONS CONCERNANT LE CALCUL DES CADRES PAR L'UTILISATION DE LA MÉTHODE DE LA TRANSMISSION DES MOMENTS

(R é s u m é)

La méthode de la transmission des moment représente le calcul par itération des équations de condition générales, etablies par l'Auteur dans [3].

On montre que dans les operations de l'équilibrage des moments initiales, les barres principales se comportent comme de noeuds liés aux noeuds qui appartienent au degré de liberté respectif avec des barres fictifs et aussi à tous les autres noeuds fictifs qui correspondent aux barres principales du cadre.

L'équilibrage des moment est reduit ainsi à des opératios de transmission qui s'effectuent entre les noeuds du cadre (fictifs et réels), évitant la résolution du système d'equations.

Les opérations d'équilibre sont éxécutés sur un seul schéma du cadre ou dans un seul tableau.

La méthode est générale et peut s'appliquer a toutes les structures statiquement indéterminées.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAȘI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1—2, 1955

ASUPRA CALCULULUI SĂGEȚII GRINZILOR INCLEIATE DE LEMN CU MOMENT DE INERȚIE VARIABIL

DE

VIRGIL FOCȘA și ADRIAN ALEXANDRESCU

Comunicare prezentată în sesiunea științifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

Grinzile încleiate de lemn cu moment de inerție variabil, în condițiile unei industrializări largi a construcțiilor, pot fi folosite în mod curent drept ferme la acoperișurile clădirilor civile și industriale. Dimensiunile secțiunilor acestor piese rezultă în general din condițiile de rigiditate impuse acestor elemente de construcție. Caracterul monolit al secțiunilor pieselor încleiate de lemn face posibilă folosirea unui calcul exact la determinarea săgeților. In cele ce urmează se prezintă expresia generală pentru calculul la săgeată a grinzilor încleiate de lemn, determinată pe baza luării în considerație a influenței variației secțiunii asupra deformației grinzilor.

La grinzi în două ape, simetrice din punct de vedere geometric și mecanic, de secțiune dreptunghiulară variabilă și supuse la sarcini uniform distribuite, folosind notațiile din fig. 1, expresia săgeții „δ" în secțiunea de abscisă „a" este definită de relația :

$$\delta = \varphi_0 a - \int_0^a \frac{M_x}{EI_x}(a - x)\,dx \tag{1}$$

unde :

x — secțiunea curentă a grinzii ;
φ_0 — rotirea secțiunii de reazim a grinzii ;
a — abscisa secțiunii de calcul a săgeții ;
M_x — momentul încovoietor într-o secțiune curentă a grinzii ;
I_x — momentul de inerție al grinzii în secțiune curentă.

Inlocuind expresia rotirii în relația (1) se obține :

$$\delta = \frac{1}{2\lambda l}\int_A^B \frac{M_x x'\,dx}{EI_x}\,a - \int_0^a \frac{M_x}{EI_x}(a - x)\,dx, \tag{2}$$

unde $2\lambda l$ — deschiderea grinzii, M_x momentul încovoietor într-o secțiune curentă a grinzii, definit de relația :

$$(3) \qquad M_x = \frac{1}{2} px\,(2\lambda l - x);$$

a — abscisa de calcul a săgeții, care în cazul simetriei geometrice și mecanice, pentru săgeata maximă, este egală cu λl.

Expresia (2) a săgeții se poate explicita pentru secțiunea de săgeată maximă, astfel:

$$\delta_{max} = \frac{a}{2\lambda l\, I_0\, E}\int_A^B \frac{I_0}{I_x}\frac{1}{2} px\,(2\lambda l - x)\,x'\,dx - \frac{p}{2EI_0}\int_0^{\lambda l}\frac{I_0}{I_x}\,x\,(2\lambda l - x)\,(\lambda l - x)\,dx =$$

$$(4) \qquad = \frac{pa}{4\lambda l\, EI_0}\left[\int_A^M \frac{I_0}{I_x}\,x\,(2\lambda l - x)^2\,dx + \int_B^M \frac{I_0}{I_x}\,x(2\lambda l - x)\,x'\,dx'\right] -$$

$$- \frac{p}{2EI_0}\int_0^{\lambda l}\frac{I_0}{I_x}\,x\,(2\lambda l - x)\,(\lambda l - x)\,dx.$$

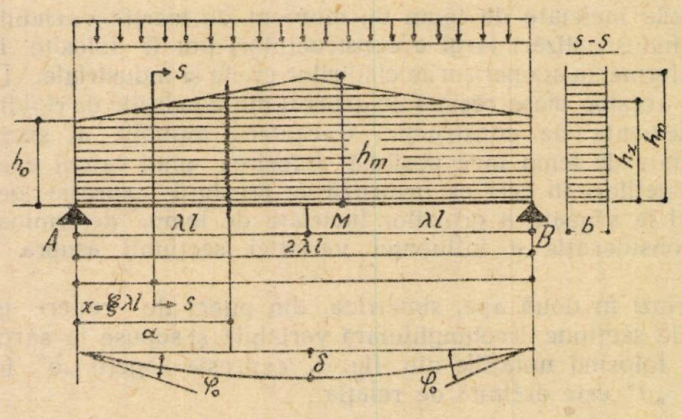


Fig. 1

Pentru efectuarea integralelor care intervin în expresia (4) a săgeții se face schimbarea de variabilă definită de relațiile de mai jos.

Pentru partea stîngă (porțiunea AM) se ia:

$$(5) \qquad x = \xi\lambda l,\ x' = \lambda l(2 - \xi) \text{ și deci } -dx = dx' = \lambda l\,d\xi.$$

Pentru partea dreaptă (porțiunea MB) se va lua:

$$(6) \qquad x = \lambda l(2 - \xi)\ ;\ x' = \xi\lambda l;\ dx = -dx' = \lambda l\,d\xi.$$

Pe baza relațiilor (5) și (6), expresia (4) devine:

$$(7) \qquad \delta_{max} = \frac{p\lambda^4 l^4}{4EI_0}\left[4\int_0^1 \frac{I_0}{I_\xi}\,\xi\,d\xi - 2\int_0^1 \frac{I_0}{I_\xi}\,\xi^2 d\xi\right] - \frac{p\lambda^4 l^4}{2EI_0}\left[2\int_0^1 \frac{I_0}{I_\xi}\,\xi\,d\xi -\right.$$

$$-3\int_0^1 \frac{I_0}{I_\xi}\xi^2 d\xi + \int_0^1 \frac{I_0}{I_\xi}\xi^3 d\xi\Bigg].$$

Pentru explicitarea raportului $\frac{I_0}{I_\xi}$ ce intervine în expresiile integralelor din relația (7), pe baza notațiilor din fig. 2 se poate scrie:

$$\frac{h_0}{h_\xi} = \frac{1}{1+c\xi} \tag{8}$$

și deci

$$\frac{I_0}{I_\xi} = \frac{1}{(1+c\xi)^3}. \tag{9}$$

Valoarea lui c rezultă din relația (9) pentru $\xi = 1$:

$$\frac{I_0}{I_m} = n = \frac{1}{(1+c)^3}$$

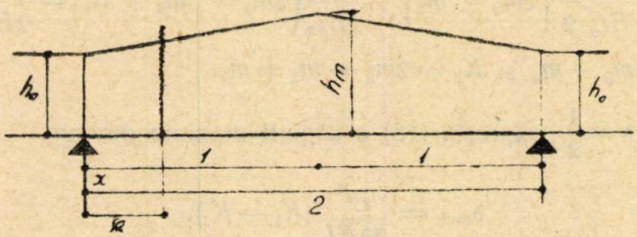


Fig. 2

și deci

$$c = \frac{1}{\sqrt[3]{n}} - 1. \tag{10}$$

I_0, reprezintă momentul minim al grinzii corespunzător secțiunii de reazim.

I_m, reprezintă momentul maxim al grinzii corespunzător secțiunii de mijloc.

I_ξ, reprezintă momentul de inerție al grinzii într-o secțiune curentă în funcție de ξ.

Înlocuind raportul $\frac{I_0}{I_\xi}$ definit de relația (9), expresia (7) a deformației maxime devine

$$\delta_{max} = \frac{p\lambda^4 l^4}{4EI_0}\left[4\int_0^1 \frac{\xi}{(1+c\xi)^3}d\xi - 2\int_0^1 \frac{\xi}{(1+c\xi)^3}\xi^2 d\xi\right] -$$

$$-\frac{p\lambda^4 l^4}{2EI_0}\left[2\int_0^1 \frac{\xi}{(1+c\xi)^3}d\xi - 3\int_0^1 \frac{\xi^2}{(1+c\xi)^3}d\xi + \int_0^1 \frac{\xi^3}{(1+c\xi)^3}d\xi\right]. \tag{11}$$

Pentru rezolvarea integralelor ce intervin în expresia (11) se face substituţia $1 + c\xi = z$, obţinîndu-se [1]:

$$(12)\qquad m_2 = \int_0^1 \frac{\xi}{(1+c\xi)^3}\,d\xi = \frac{1}{c^2}\int_1^{c+1} \frac{z-1}{z^3}\,dz = \frac{1}{2(c+1)^2},$$

$$(13)\qquad m_3 = \int_0^1 \frac{\xi^2}{(1+c\xi)^3}\,d\xi = \frac{1}{c^3}\int_1^{c+1} \frac{(z-1)^2\,dz}{z^3} = \frac{1}{c^3}\left[\ln(c+1) - \frac{c(3c+2)}{2(c+1)^2}\right],$$

$$(14)\qquad m_4 = \int_0^1 \frac{\xi^3}{(1+c\xi)^3}\,d\xi = \frac{1}{c^4}\int_1^{c+1} \frac{(z-1)^3}{z^3}\,dz = \frac{1}{c^4}\left[-3\ln(c+1) + \right.$$

$$\left. + \frac{c(6+9c+2c^2)}{2(c+1)^2}\right].$$

Pe baza notaţiilor folosite pentru integralele definite de relaţiile (12) (13), (14), expresia (11) a săgeţii maxime se poate pune sub forma:

$$(15)\qquad \delta_{max} = \frac{pl^4}{EI_0}\cdot\frac{\lambda^4}{2}\left(2m_2 - m_3\right) - \frac{p\lambda^4 l^4}{2EI_0}\left(2m_2 - 3m_3 + m_4\right) = \frac{p\lambda^4 l^4}{2EI_0}\left(K_1 - K_2\right),$$

unde $K_1 = 2m_2 - m_3$ şi $K_2 = 2m_2 - m_3 + m_4$.

Pentru $\lambda = \frac{1}{2}$, expresia (15) a săgeţii maxime devine:

$$(16)\qquad \delta_{max} = \frac{pl^4}{32EI_0}(K_1 - K_2).$$

Expresia (16), reprezentînd săgeata maximă la grinzi încleiate cu moment de inerţie variabil se poate pune sub forma:

$$(17)\qquad \delta_{max} = \frac{pl^4}{EI_0}K_n,$$

unde

$$K_n = \frac{1}{32}(K_1 - K_2) = \frac{1}{32}(2m_3 - m_4).$$

K_n evaluează influenţa variaţiei momentului de inerţie asupra deformaţiei grinzilor şi este funcţie de raportul „n", între momentele de inerţie I_0 şi I_m ale grinzii.

Valorile şi variaţia funcţiei K_n sînt redate de tabela 1.

Ecuaţia (17) generalizează deformaţia grinzilor drepte cu moment de inerţie constant în condiţiile de încărcare studiate.

Tabela 1

n	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
K_n	0,01302	0,01200	0,01093	0,00987	0,00875	0,00765	0,00645	0,00552	0,00400	0,00238

Astfel pentru $c = 0$ și respectiv $n = 1$, cunoscînd că:

$$(18)\qquad (m_2)_{c=0} = \frac{1}{2};\ \lim_{c \to 0} m_3 = \frac{1}{3};\ \lim_{c \to 0} m_4 = \lim_{c \to 0} \left[-\frac{3}{4} \ln(c+1) + \frac{6 + 9c + 2c^2}{2c^3 (c+1)^2} \right] = \frac{1}{4},$$

expresia lui K_n din relația (18) devine: $K_n = \frac{5}{384}$ și deci

$$(19)\qquad \delta_{max} = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{EI_0},$$

relație bine cunoscută la grinzi cu moment de inerție constant.

In literatura de specialitate, pentru calculul la săgeată a grinzilor încleiate de lemn, de secțiune variabilă, se recomandă relația:

$$(20)\qquad \delta = \frac{\delta_{medie}}{K},$$

unde δ_{medie} —săgeata calculată pentru grinzi de secțiune constantă, egală cu secțiunea din mijlocul deschiderii; K—coeficient care estimează influența variației secțiunii, determinat pentru grinzi dreptunghiulare cu formula:

$$(21)\qquad K = 0{,}15 + 0{,}85 \frac{h_0}{h_m},$$

unde h_0 și h_m reprezintă distanța între axele tălpilor la reazim și mijlocul deschiderii.

Relația (21) este valabilă în limitele:

$$(22)\qquad \frac{h_0}{h_m} = 0{,}25 \div 0{,}75.$$

Relația (17), în ceea ce privește parametrul n este generală, prezentată într-o formă simplă și valabilă pentru materialele omogene și izotrope. Formula (20) în limitele ei de valabilitate, definite de expresia (22) indică o aproximație în plus de maximum 4%, în raport cu relația (17, pe care o propunem în acest studiu.

Catedra de Construcții

BIBLIOGRAFIE

1. Avram, N. C. *Grinzi continui cu moment de inerție variabil*, București, 1946, p. 35.
2. Карлсен Г. Г. и другие, **Деревянные конструкции**, Москва, 1952.

К РАСЧЕТУ ПРОГИБА ДЕРЕВЯННЫХ ПРОКЛЕЕННЫХ БАЛОК ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОПЕРЕЧНЫХ НАГРУЗОК

(Краткое содержание)

Работа устанавливает влияние изменения сечения на деревянные склеенные балки, подвергаемые действию поперечных нагрузок.

Приведено очень простое правило для точного вычисления максимальной деформации этих балок.

SUR LE CALCUL DE LA FLÈCHE DES POUTRES DE BOIS COLLÉ À MOMENT D'INERTIE VARIABLE

(R é s u m é)

L'étude établit l'influence de la variaton de la section sur les poutres de bois collé soumises à l'action des charges transversales.

On présente une formule très simple pour le calcul exact de la déformation maxime de ces poutres.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

STUDIUL SISTEMELOR DE PILOŢI SUPUSE LA MIŞCĂRI DE TRANSLAŢIE

DE

AUREL CERNĂTESCU ŞI GH. DIMA

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24-25 octombrie 1953

In cele ce urmează presupunem că :

1. Toţi piloţii grupei sînt identici.
2. Coeficientul de proporţionalitate C, între deformaţii elastice şi efort, este acelaşi pentru toţi piloţii sistemului.
3. Piloţii sînt articulaţi la partea superioară în masivul de fundaţie şi la vîrf, în pămînt.
4. Masivul de fundaţie are o rigiditate mult mai mare decît acela a piloţilor şi poate fi considerat indeformabil.
5. Se neglijează tasarea piloţilor.
6. Problema se poate reduce în plan.
7. Se neglijează eforturile produse de deplasările transversale.

Acestea sînt ipotezele pe care se bazează toate metodele [1], [2] de calcul a repartiţiei forţelor în piloţii unei grupe, afară de acelea care ţin seamă de momentele de încastrare a piloţilor în masivul de fundaţie, momente care sînt neglijabile, dată fiind rigidítatea mare a fundaţiei faţă de aceea a piloţilor.

In general, un sistem de piloţi care susţin o fundaţie, supus la acţiunea unor forţe exterioare, capătă o deplasare care se poate reduce la o mişcare de translaţie şi o rotaţie.

Cunoscînd aceste deplasări care produc deformaţii axiale în piloţi, se pot determina eforturile din piloţi ştiind că $f_i = C\lambda$; în care λ_i este deformaţia pilotului din ordinul i.

Pe aceste considerente se bazează metoda grafică a lui Westergaard şi metodele analitice ale lui N. M. Ghersevanov şi Nöckentwed.

A. V. Pataleev, recomandă metoda lui Nöckentwed, rezolvată grafic de B. Lozovski şi I. Dimentberg în care se ia în consideraţie mişcarea de translaţie descompusă după două direcţii perpendiculare una pe alta şi o mişcare de rotaţie în jurul centrului elastic al sistemului de piloţi, numit şi originea sistemului de piloţi, [1], [2].

Orice forţă aplicată în centrul elastic al sistemului îi va imprima numai o mişcare de translaţie. In general, forţa exterioară netrecînd

prin centrul elastic sistemul va căpăta o mişcare de translaţie produsă de o forţă egală şi paralelă cu forţă exterioară aplicată în centrul elastic şi o mişcare de rotaţie, produsă de momentul forţei exterioare faţă de centrul elastic.

Forţele care acţionează în piloţi, sînt proporţionale cu deformaţiile axiale produse de aceste mişcări. Observăm că mişcarea de translaţie poate fi considerată ca o mişcare de rotaţie în jurul unui punct la infinit, pe direcţia perpendiculară pe aceea a translaţiei. Eforturile din piloţi fiind proporţionale cu distanţele acestora la centrul de rotaţie, rezultă că distribuţia eforturilor este mai uniformă în cazul unei simple translaţii, în care caz eforturile depind numai de înclinarea piloţilor faţă de direcţia de translaţie, fiind cu atît mai mari cu cît unghiul este mai mic.

Este deci interesant să se găsească direcţiile pe care pot să acţioneze forţele exterioare asupra unui sistem de piloţi, pentru a-i imprima numai mişcări de translaţie.

In cele ce urmează, vom arăta că pentru un sistem de piloţi dat, există o infinitate de direcţii ale forţelor exterioare, care îndeplinesc această condiţie, fiecărei direcţii a forţei exterioare corespunzîndu-i o anumită direcţie de translaţie.

Se dau metode pentru aflarea sistemelor de piloţi care capătă numai o mişcare de translaţie, dar numai pentru 3 direcţii de piloţi [3].

Considerăm un sistem de piloţi de bază [2], compus de exemplu, din 4 piloţi 1, 2, 3, 4, (fig. 1), acţionat de rezultanta r a forţelor exterioare, centrul instantaneu de rotaţie (polul dreptei r) fiind O. Oricărui punct M situat pe r, considerat ca centru de rotaţie, îi corespunde o polară D care trece prin O şi care este locul geometric al centrelor instantanee de rotaţie, atunci cînd r se roteşte în jurul lui M [4].

Fie M_1 un punct situat pe r şi D_1 polara respectivă. Dacă forţa exterioară se roteşte în jurul lui M_1 ajungînd paralelă cu D_1 centrul instantaneu de rotaţie se deplasează pe D_1 din O în I_1, iar atunci cînd r ocupă poziţia M_1I_1, centrul de rotaţie se află la infinit pe D_1.

Rezultă deci, că dacă sistemul de piloţi este acţionat de o forţă pe direcţia M_1I_1, el va căpăta o mişcare de translaţie într-o direcţie perpendiculară pe D_1. Punctul M_1 fiind luat arbitrar pe direcţia lui r, rezultă că vom avea o infinitate de direcţii MI ale forţelor exterioare, pentru care sistemul de piloţi va căpăta mişcări de translaţie, perpendiculare pe direcţiile respective ele lui D.

Punctului M_∞ situat la infinit pe dreapta r, îi corespunde polara D_∞ care este locul geometric al centrelor de rotaţie, atunci cînd r se roteşte în jurul lui M_∞, adică atunci cînd se deplasează printr-o mişcare de translaţie.

Există o poziţie a rezultantei, situată între r şi paralela la r dusă prin O, pentru care centrul de rotaţie se găseşte la infinit pe dreapta D_∞ şi pentru care sistemul de piloţi este supus unei translaţii în direcţie perpendiculară pe direcţia D_∞.

Prin urmare, pe lîngă infinitatea de direcţii arătată mai sus, mai există o direcţie pararelă cu forţa r, pentru care sistemul de piloţi este supus la mişcări de translaţie.

Calculul repartizării forțelor pe piloții grupei, supuse la o mișcare de translație.

Fie un sistem de bază compus din 4 piloți, 1, 2, 3, 4, acționat de rezultanta r a forțelor exterioare și O centrul instantaneu de rotație (fig. 2). Construim polara D_1 a unui punct M_1 situat pe r, și prin M_1 ducem paralela D'_1 la D_1. Fie α_1, α_2, α_3, α_4 unghiurile pe care le fac piloții cu D_1, măsurate în sensul mișcării acelor unui ceasornic și a, b, c, d, intersecțiile piloților cu dreapta D'_1.

Am arătat că forțele care acționează pe o direcție M_1I_1, deocamdată necunoscută, imprimă sistemului o mișcare de translație perpendiculară pe D'_1.

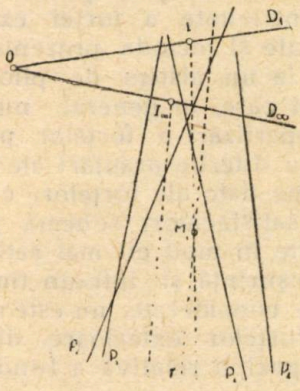


Fig. 1.

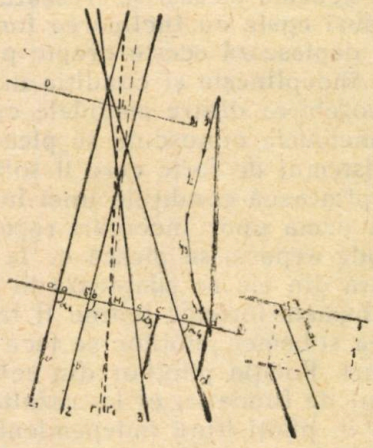


Fig. 2.

Pentru o deplasare în această direcție, egală cu 1, se vor naște în piloți, forțe axiale, egale cu $f_i=c.\ 1.\sin\alpha_i=\sin\alpha_i$, (considerînd $c=1$).

Trasînd arce de cerc cu o rază unitară, din centrele a, b, c, d, care taie direcțiile piloților în a', b', c', d', perpendicularele $a'a''$, $b'b''$, $c'c''$, și $d'd''$ vor reprezenta forțele din piloți pentru o deplasare egală cu unitatea.

Vom avea deci :

$$a'a''=\sin\alpha_1=f_1,\ b'b''=\sin\alpha_2=f_2,\ c'c''=\sin\alpha_3=f_3,\ d'd''=\sin\alpha_4=f_4.$$

Construind poligonul acestor forțe, vom găsi rezultanta r_1 în mărime și direcție, iar pararela la r_1 dusă prin M_1, este direcția pe care acționează forța r_1, producînd o deplasare a sistemului egală cu 1.

O forță oarecare R care acționează pe direcția r_1, va produce o deplasare $\lambda=\frac{R}{r_1}$, forțele care acționează piloții vor fi :

$$F_1=f_1\frac{R}{r_1},\ F_2=f_2\frac{R}{r_1},\ F_3=f_3\frac{R}{r_1},\ F_4=f_4\frac{R}{r_1}.$$

Dacă în poligonul forțelor exprimăm mărimea forțelor în fracți-

uni din r punînd $f_1=k_1r_1$; $f_2=k_2r_1$; $i_3=k_3r_1$; $f_4=k_4r_1$, pentru o forţă R, vom avea : $F_1=\frac{R}{r}=k_1R$; $F_2=k_2R$; $F_3=k_3R$; $F_4=k_4R$. Deci poligonul forţelor construit pentru deplasarea egală cu unitatea serveşte pentru determinarea forţelor din piloţi, oricare ar fi valoarea lui R.

In schemele alăturate, s-au luat cîteva sisteme de bază de cîte 4, 5 şi 6 piloţi, pe care s-au trasat cîte o direcţie a forţei, care imprimă sistemului numai o mişcare de translaţie şi în care s-au exprimat valorile care acţionează piloţii, în funcţie de rezultantă.

Utilizarea schemelor, se face după ce în prealabil s-a stabilit numărul de piloţi în raport cu sarcina care acţionează fundaţia.

Pe schema aleasă, se trasează cele 2 drepte care fac cu rezultanta r unghiuri egale cu înclinarea forţei exterioare pe planul fundaţiei şi apoi se deplasează aceste drepte paralel cu ele însile, pînă cînd una din ele îndeplineşte şi condiţia de excentricitate a forţei exterioare.

Deosebirea dintre metodele cunoscute şi metoda prezentată, este că, în metodele cunoscute se pleacă de la un sistem de piloţi şi se caută sistemul de forţe care îl solicită şi care, în general, nu ajunge să îndeplinească condiţiile unei bune repartizări a forţelor pe piloţi, decît în urma unor încercări repetate cu diferite aranjări ale piloţilor. In metoda expusă, se pleacă de la scheme date ale forţelor, căutîndu-se cărora din ele se adaptează în mod satisfăcător, schema piloţilor.

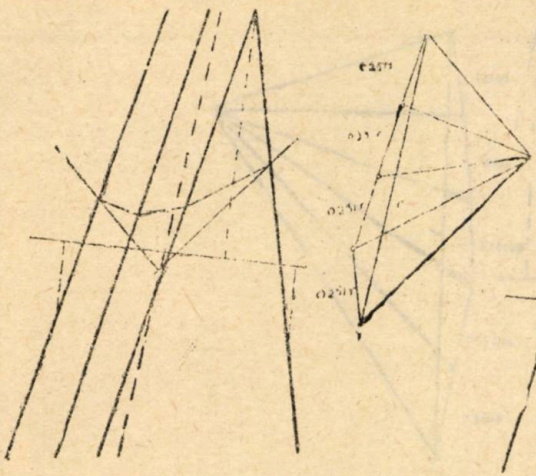
Schemele forţelor putînd fi întocmite în mod cît mai raţional, adaptarea schemei piloţilor se face cu uşurinţă şi într-un timp mult mai scurt. Poziţia piloţilor din schemele considerate, nu este raportată la blocul de fundaţie, ci la rezultanta forţelor exterioare, distribuţia forţelor în piloţi fiind independentă de poziţia relativă a fundaţiei faţă de aceştia.

Concluzii.

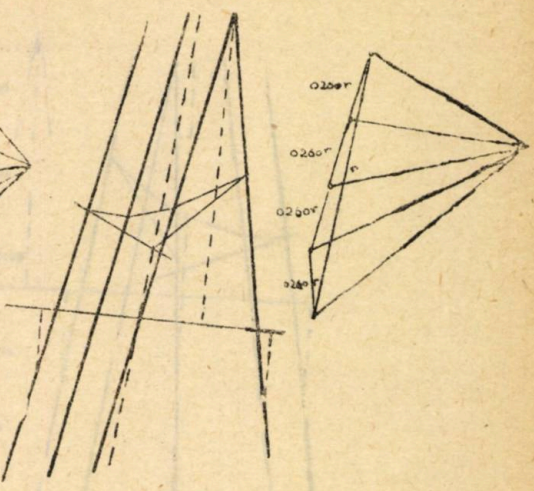
Studiul de faţă, ca şi studiul precedent [4], au de scop să aducă simplificări simţitoare a calculelor, fără să dăuneze cu nimic exactităţii lor, în ipotezele admise şi de celelalte metode de calcul cunoscute. Pentru un sistem de piloţi supus unei mişcări de rotaţie, repartizarea cît mai uniformă a forţelor pe piloţi, cere ca aceştia să se găsească la distanţe cît mai puţin diferite de centrul instantaneu de rotaţie, a cărui poziţie însă nu se cunoaşte anticipat.

In studiul precedent, mai sus citat, s-a arătat că este posibil să se găsească sisteme de piloţi care să satisfacă o distribuţie dată dinainte a forţelor care solicită piloţii şi în care centrul instantaneu de rotaţie, este punctul în jurul căruia se grupează piloţii. Observăm că în aceste sisteme, piloţii paraleli sînt în mod necesar supuşi la solicitări diferite.

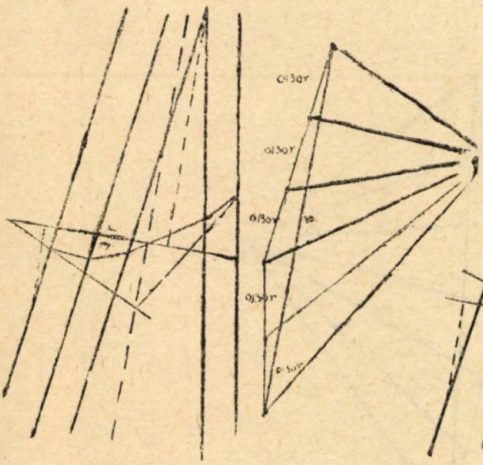
In cazul sistemelor supuse numai la translaţie sub acţiunea forţei exterioare, distribuţia forţelor depinde de înclinarea piloţilor pe direcţia de translaţie. Rezultă că în aceste sisteme, spre deosebire de sistemele precedente, piloţii paraleli sînt solicitaţi în mod egal. Un astfel de sistem nu poate fi rezolvat prin metoda grafică a lui Westergaard, deoarece centrul instantaneu de rotaţie se găseşte la infinit, iar dacă



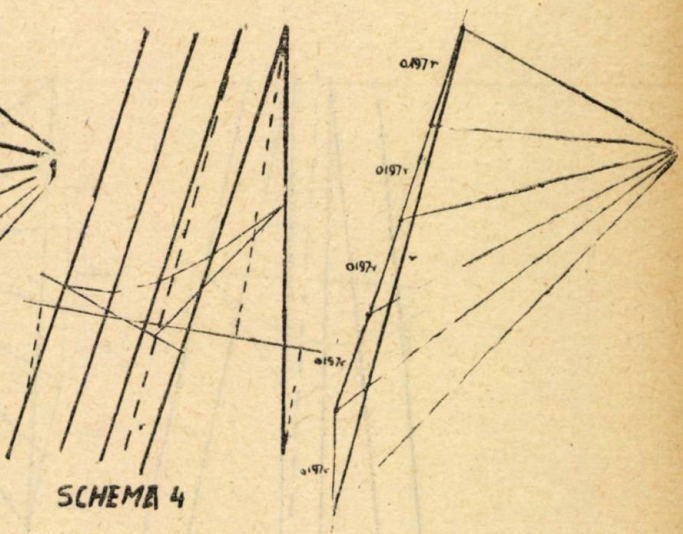
SCHEMA 1



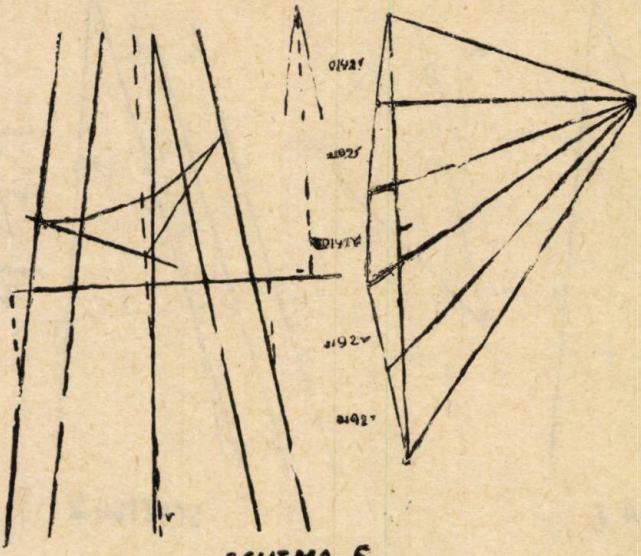
SCHEMA 2



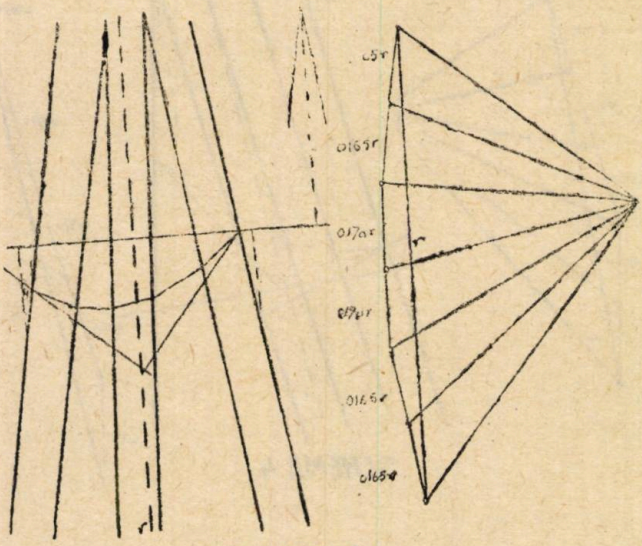
SCHEMA 3



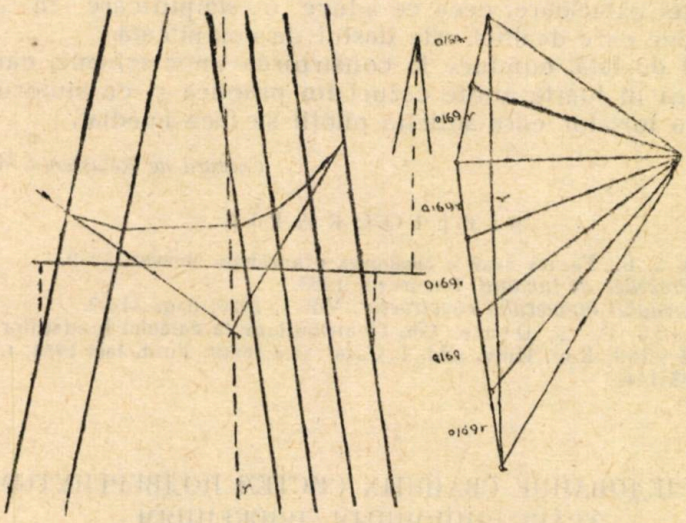
SCHEMA 4



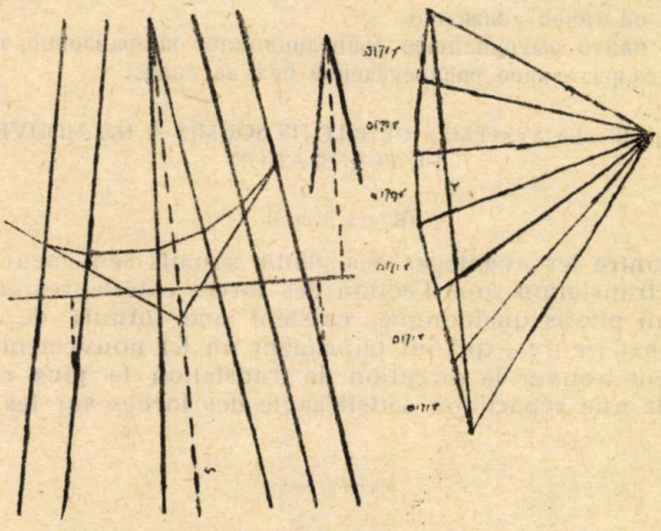
SCHEMA 5



SCHEMA 6



SCHEMA 7



SCHEMA 8

am încerca să-l rezolvăm cu ajutorul metodei analitice a lui Nökenwed, am găsi că centrul elastic al sistemului de piloţi se găseşte pe direcţia forţei exterioare, ceea ce aduce o simplificare în aplicarea acestei metode care dealtfel este destul de complicată.

Studiul de faţă, conduce la construirea unor scheme, care îşi pot găsi aplicarea în foarte multe cazuri din practică şi cu ajutorul cărora, determinarea forţelor care solicită piloţii se face imediat.

Catedra de Rezistenţa Materialelor

BIBLIOGRAFIE

1. Цытович А. В., **Расчёт свай и свайных оснований**, Москва, 1949.
2. Lehr H., *Procedee de fundaţii*, Bucureşti, 1953.
3. *** *Manualul inginerului constructor*. Vol. I, 1950, pag. XI-39.
4. Cernătescu A. şi Dima Gh. Contribuţiuni la calculul fundaţiilor pe grupe de piloţi, Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Instit. Polit. Iaşi 1954, t. I, 1-2 pp. 185-194.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАЙНЫХ СИСТЕМ ПОДВЕРГНУТЫМ ТРАНСЛЯЦИОННЫМ ДВИЖЕНИЯМ

(Краткое содержание)

Авторы рассматривают преимущества группы свай, подвергнутых трансляционным движениям под влиянием внешних сил и находят, что для любой группы существует бесконечное число производных внешних сил, передающих ей такое движение.

Можно найти выгоднейшее трансляционное направление, чтобы получать удовлетворительное распределение сил на свай.

ÉTUDE SUR LES SYSTÈMES DE PILOTIS SOUMIS À UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

(Résumé)

On montre les avantages des pilotis soumis seulement à un mouvement de translation sous l'action des forces extérieures et on trouve que pour un pilotis quelconque, existent une infinité de résultantes des forces extérieures, qui lui impriment un tel nouvement.

On peut trouver la direction de translation la plus convenable, pour obtenir une répartition satisfaisante des forces sur les pieux.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1–2, 1955

MONOGRAFIA MATERIALELOR DE CONSTRUCŢIE DIN REGIUNEA IAŞI

DE

AL. CHELĂRESCU şi P. CMIT

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24-25 octombrie 1953

1. Introducere

Problema ridicării regiunii noastre, între altele, incumbă neapărat cunoaşterea tuturor materialelor de construcţie şi a materiilor prime din care se pot fabrica lianţi şi diverse materiale de construcţie.

Pînă în prezent această regiune a fost studiată din punct de vedere ştiinţific de numeroşi cercetători [1]—[7]. Numai una din aceste lucrări conţine oarecare date, care pot fi interpretate în unele cazuri şi din punctul nostru de vedere.

In regiunea noastră se cunosc o parte din aceste materiale şi materii prime, unele din ele au fost chiar întrebuinţate în decursul secolelor, găsindu-le în operă în diferite clădiri ale Iaşului altele, au fost aflate din vechile arhive rămase ca mărturie a celor ce au vieţuit în alte vremuri pe meleagurile locuite acum de noi. Există însă iviri necercetate încă şi mai ales materiale care nu au fost folosite pe toată gama posibilităţilor lor de utilizare.

Reactualizînd pe cele ce nu se mai întrebuinţează astăzi, populariz̧ind pe cele existente, dar cu o întrebuinţare mai judicioasă, fie în modul cum s-au comportat în operă în decursul timpului, vom face prin această lucrare o muncă de documentare ştiinţifică şi de sistemtizare, care va folosi pentru rezolvarea sarcinii utilizării materialelor locale şi pentru planificarea regiunii refacerii oraşului Iaşi.

In prezent, avînd ca punct de plecare această monografie, colectivele de lucrări ştiinţifice de la laboratorul nostru vor studia din punct de vedere ştiinţific şi tehnic cele mai favorabile exploatări, în ordinea calităţilor lor sau după urgenţa întreprinderilor care vor avea de întrebuinţat aceste materiale.

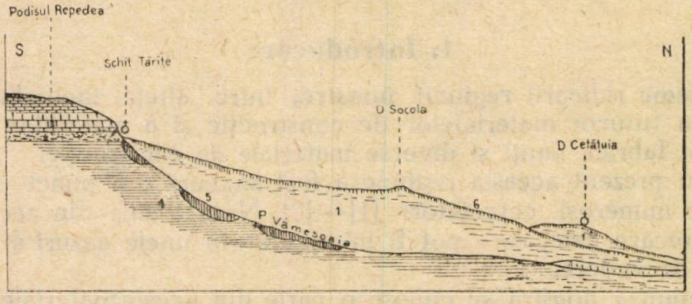
2. Consideraţiuni generale

Regiunea noastră face parte din podişul moldovenesc, ale cărui strate de roci manifestă o vădită şi substanţială înclinare către sud şi sud-est.

Din punct de vedere geologic formaţiunile care apar pe vîrfurile

dealurilor, pe coaste şi în văile lor, aparţin Sarmaţianului şi Cuaternarului. Din Sarmaţian s-au determinat toate subetajele : Volhinian, Basarabean şi Kersonian, iar sub aceasta Tortonianul.

Din punct de vedere pet ografic, acest podiş este alcătuit de jos în sus, din : argile cenuşii (argile bazale), grezii calcaroase, grezii silicoase, conglomerate silicioase şi calcaroase, nisipuri, argile şi luturi. Desigur că între aceste formaţiuni vom găsi o întreagă gamă de treceri de la calcare la calcare marnoase, marne, marne calcaroase, argile marnoase şi argile. Apoi treceri de la argile la nisipuri : argile, argile nisipoase, nisipuri argiloase şi nisipuri. Variaţia acestor formaţiuni poate avea loc atît pe verticală de la strat la strat, cît şi lateral, prin treceri de la o formaţiune la alta. Pe coaste se găsesc luturi şi formaţiuni leossoide. In terasele văilor, materialul aluvionar conţine toate resturile primare ale acestor formaţiuni petrografice şi formaţiuni secundare care au luat naştere datorită fenomenelor de alterare şi transport sub acţiunea agenţilor atmosferici şi a fenomenelor de diageneză.



Profil geologic prin podişul Repedea, pe cursul pîr. Vămeşoaia

1 Argilă bazală (*Il mediteran*) 2 Nisipuri cu lentile şi straturi de grezie 3 Oolitic nisipos 4 Grezuri în plachete 5 şi 6 Manta de lehm aluvionar.

Fig. 1.

Considerăm caracteristic pentru a ilustra în general structura podişului nostru, profilul masivului Repedea, care a fost studiat pe rînd de către geologii şi petrografii noştri (Gr. Cobălcescu, I. Simionescu, R. Sevastos, M. David, I. Atanasiu şi N. Macarovici) de-a lungul văii pîriului Vameşoaia.

La baza acestor formaţiuni se găseşte argila cenuşie de nuanţă albăstruie cînd este proaspăt dezvelită şi care apoi sub acţiunea agenţilor atmosferici trece în timp îndelungat într-o argilă galben-brună datorită fenomenelor de oxidare. Grosimea acestui strat de argilă este de sute de metri. Din cauză că ea alcătuieşte fundamentul acestui podiş a fost denumită argilă de bază sau argilă bazală. Faţa superioară a acestor argile apare la cca. 200 m altitudine.

In sus, ea trece într-un strat de nisip, uneori destul de gros, ajungînd chiar la 20 m (Vărăria Dobrovăţ) şi care conţine strate sub formă de lentile de grezie foarte dură, de culoare albastră pînă la cenuşie (par. Vîlcelelor şi Vărăria Dobrovăţ). La Repedea, complexul de strate de nisipuri şi grezii apare între 200-320 m altitudine.

Peste aceste formaţiuni se găsesc calcarele oolitice a căror grosime maximă ajunge la cca. 40 m (satul Păun). Ele sînt cuprinse între 320-360

în altitudine. Aceste strate de calcar oolitic apar în alte părți fie de o grosime mai mică, fie cu intercalațiuni de grezii și nisipuri.

Deasupra calcarelor oolitice apar marne care prezintă adesea treceri laterale, fie din argile cenușii grase la pipăit, fie în argile nisipoase, urmînd apoi o serie de straturi alternative de nisipuri și grezii de diferite culori și durități. Grosimea acestora este variabilă, de la cîțiva metri, în unele localități ele pot ajunge chiar pînă la 20 m.

Peste aceste formațiuni apar o serie de strate alternative de marne alburii sau cenușii și nisipuri albe cu nuanțe gălbui și cu fluturași de mica. Uneori aceste nisipuri prezintă intercalațiuni de strate lentiliforme de grezii cenușii sau roșcate, care sînt foarte dure. La Repedea, acest complex de nisipuri, grezii și marne apare peste calcarele oolitice, la altitudinea de 360–404 m (Cătărg).

Dacă ne referim și la materia primă argiloasă atunci trebuie să luăm în considerare și orizonturile petrografice de coastă care se năruie către vale, fiind un material mixt, antrenat de apele torențiale. Această formațiune aluvială maschează de multe ori structura dealurilor moldovene, prezentînd un înveliș fie de lut argilo-nisipos, care este cel mai răspîndit, fie formațiuni loessoide care sînt cu mult mai puțin răspîndite.

În împrejurimile Hîrlăului, la Deleni în dealul Pietrărie (fig. 2), apar grezii silicioase, grezii calcaroase, nisipuri și conglomerate silicioase. De la Pietrărie către carierele „La Ferbătoare" se văd treceri pe orizontală de la grezii la nisipuri și invers.

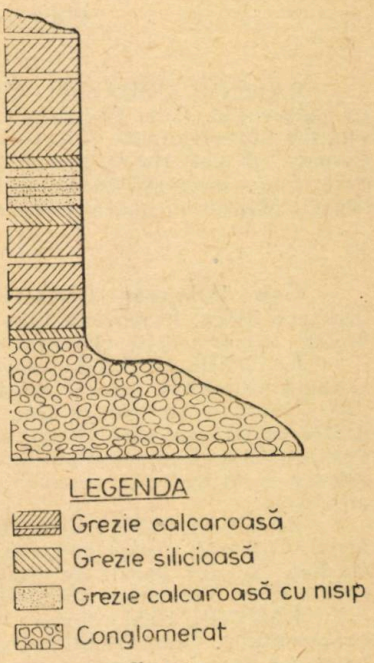


Fig. 2.

Pentru podișul nostru, ordinea de stratificare este cea arătată mai sus cu observația că pachetele de strate vor apărea spre sud și sud-est, la altitudini din ce în ce mai mici (calcarele oolitice pe valea pîr. Moșna, la Cilcea, apar la 60 m altitudine față de 300 m pe Repedea).

3. Considerațiuni tehnice

Din datele de mai sus, cît și din cele colectate de noi în intervalul 1946-1953, cu ocazia deselor noastre deplasări pe teren în cadrul colectivelor pentru studiul balastului de pe văile rîurilor din Moldova și Bucovina cît și pentru studiul carierelor putem spune că materialele de construcție și materiile prime care se întîlnesc în această regiune sînt următoarele.

I. *Materiale de construcții și drumuri:* grezii (—calcaroase,—silicioase), conglomerate (–silicioase,–calcaroase), nisipuri de carieră (–silicioase,–calcaroase), balast din terase și de pe văile rîurilor.

II. *Materii prime:* argile (nisipoase, calcaroase), argile propriu zise, marne (calcare marnoase, marne calcaroase, argile marnoase, marne argiloase), lut, nisipuri silicioase, hidroxizi de fier (lutişor).

4. Răspîndire

Pentru o mai uşoară mînuire a acestei lucrări de către întreprinderile de construcţii, secţiile de industrii locale sau gospodării comunale, în afară de harta cu localităţile unde se întîlnesc materialele de construcţii şi materiile prime, găsim necesar a le sistematiza pe de o parte după natura lor, iar pe de altă parte pe raioane şi comune.

Piatră de construcţii şi drumuri

a. grezii

RAIONUL CODĂEŞTI: Com. Ciorteşti (Islazul Sf. Popular. Ciartolan[1]), grezie calcaroasă. Com. Pocreaca (Păd. Petcu) grezie calcaroasă. Com. Micleşti (Movila lui Burcel) grezie calcaroasă. Com. Dăneşti (Ciorata), grezie calcaroasă, Com. Cosmeşti (Valea Mare), gresie. Com. Covasna (Dealul Homoranu), grezie calcaroasă dură. Com. Dolheşti (Brediceşti), grezie albăstruie foarte dură. Com. Bohotin (Dealul Marmora), grezie calcaroasă compactă cu vine de calcită.

b. calcare oolitice

Com. Dobrovăţ (Cetăţuia), Com. Slobozia (păr. Vărăria). Com. Pocreaca (Pădurea Petcu, Dumbrava Com. Tăcuta), (Islazul Cujbei), Com. Dobrovăţ (dealul Budei), calcar oolitic cimentat cu vinişoare de calcită.

RAIONUL HÎRLĂU: *Grezii:* Com. Cepleniţa (Stînca), grezie calcaroasă, Com. Cotnari (Catalina), grezie calcaroasă. Com. Bădeni (Sticlărie), grezie calcaroasă. Com. Unsa, grezie calcaroasă. Com. Bădeni, grezie calcaroasă. Com. Frumuşica grezie calcaroasă. Com Deleni (Ferbătoare), gresie calcaroasă şi grezie silicioasă. *Calcare:* Com. Cotnari (Catalina), calcare. Com. Frumuşica, calcare. Com. Unsa, calcare. Com Rădeni, calcare. *Conglomerate:* Com. Deleni (Pietrăria), conglomerate silicioase.

RAIONUL HUŞI: Com. Boteşti (La Găinărie), grezie calcaroasă. Com. Stroieşti, (Chicera), grezie calcaroasă. Com. Gorban (Cîlcea), calcar nisipos. Com. Gorban (Rasun), grezie calcaroasă. Com. Şchiopeni (Dealul Popii), grezie calcaroasă. Com. Vetrişoara (Sărata), grezie calcaroasă.

RAIONUL IAŞI: *Grezii:* Com. Mogoşeşti (păr. Cărbunari), gresii dure pentru ornamentaţii. Com. Poieni (păr. Vilcele) grezie albăstruie foarte dură. Com. Tibana (La odaie), grezie. Com. Birnova (Catarg), grezie calcaroasă feruginoasă. Com. Birnova (Dealul Repedea şi islazul comunal), grezie calcaroasă. Com. Mogoşeşti (Galata), grezie calcaroasă. Com. Probota (Unchetea), grezie calcaroasă.

Calcare: Com. Ciurea (Casa Dracilor) calcare oolitice. Com. Comarna (Dealul Stoian), calcar dur. Com. Birnova (Păun), calcar oolitic. Com. Birnova (Dealul Repedea), calcar oolitic.

RAIONUL NEGREŞTI: *Grezii:* Com. Rafaila (Şcheia), grezie calcaroasă şi grezie albăstruie foarte dură. Com. Tansa (Dealul Lacului) grezie calcaroasă. Com. Şcheia (Floreşti), grezie calcaroasă. Com. Ipatele (Dealul Pietrăriei Slobozia), grezie calcaroasă. Com. Mironeasa (Hadimbu), grezie calcaroasă. Com. Bozieni de Jos (Pietroasa şi Varniţa), grezie calcaroasă. Com. Ţibăneşti (In deal la trei), grezie calcaroasă. Com. Oniceni (Dealul Pietrosului), grezie calcaroasă. Com. Scinteia (Dealul Proca), grezie calcaroasă.

Calcare: Com. Rebricea (păr Duruitoare), calcare oolitice.

RAIONUL PAŞCANI: *Grezii:* Com. Stroieşti (Pietrărie), grezie calcaroasă. Com. Ruginoasa (Drăghici), grezie calcaroasă. Com. Stolniceni (Ghiţescu), grezie calcaroasă.

---

1) In paranteză este scris numele locului unde se găseşte materialul, în cazul cînd acest loc are un nume special.

HARTA REGIUNII IAȘI

MATERII PRIME ȘI MATERIALE de CONSTRUCȚII

Scara 1:600 000

LEGENDA

- ▲ PIATRĂ DE CONSTRUCȚIE ȘI DRUMURI
- △ PIATRĂ DE VAR
- ◐ NISIP
- ● BALAST
- ⊕ CONGLOMERAT
- ■ ARGILĂ
- □ MARNE

RAIONUL ROMAN : Com. Bozieni de Sus (Dealul Stan), grezie calcaroasă.
RAIONUL TG. FRUMOS : Com. Heleșteni (Coasta Pietrăria), grezie calcaroasă
RAIONUL VASLUI : Com. Telejna (Mocriști), grezie calcaroasă. Com. Tanasa (Islazu Țapu), gresie calcaroasă. Com. Ștefan cel Mare, grezie calcaroasă. Com. Solești (Padia), grezie calcaroasă. Com. Rădeni (Popești), grezie calcaroasă. Com. Poenești (La Cetate și Obîrșeni), grezie calcaroasă. Com. Lipova (Racova,) grezie calcaroasă. Com. Deleni, grezie calcaroasă.

Nisip de carieră și de rîu

RAIONUL CODĂEȘTI : Com. Miclești (Nisipărie), nisip calcaro-argilos, conține calcar și argilă. Com. Codăiești (Moara de Vînt), nisip calcaro-argilos, conține calcar și argilă. Com. Ferești (Coasta Mare), nisip calcaro-argilos, conține calcar și argilă. Com. Ciortești (Dealul Primăriei), nisip calcaro-argilos, conține calcar și argilă. Com. Tăcuta (Dealul Dumasca), nisip calcaro-argilos, conține calcare și argilă. Com. Gura-Bohoțin (Păr. Ursoaiei, păr. Pagubei și păr Bazga), nisip calcaro-argilos.
RAIONUL HÎRLĂU : Com. Ceplenița (păr. Bahlui), nisip calcaro-argilos. Com. Frumușica (Tg. Frumușica), nisip argilos.
RAIONUL HUȘI : Com. Botești (La Găinărie), nisip. Com. Șchiopeni (Curătura) nisip.
RAIONUL IAȘI : Com. Țutora (Bogdiov și Gura satului), nisip silicios. Com. Birnova (Catarg și Todirel), nisip calcaros. Com. Ciurea (Casa dracilor și dealul Rusului), nisip silicios. Com. Dumești, nisip calcaros. Com. Gropnița (Valea Costei), nisip silicios. Com. Holboca (Orzieni, Holboca), nisip calcaros. Com. Letcani (Letcani), nisip argilos. Com. Popricani (Popricani), nisip argilos. Com. Rediu Tatar (Valea Lupului), nisip argilos. Com. Uricani (Uricani), nisip argilos. Com. Tomești (Goruni), nisip argilos,
RAIONUL NEGREȘTI : Com. Tansa (Pleșa), nisip calcaros. Com. Rafaila (Rafaila), nisip calcaros. Com. Negrești (Dealul Lacului), nisip calcaro-argilos. Com. Mădîrjac (Ciofu) nisip calcaro-argilos.
RAIONUL TG. FRUMOS : Com. Tg. Frumos (Dădești), nisip argilos. Com. Bălțați (Islazul Gugea), nisip argilos. Com. Heleșteni (coasta Pietrăriei), nisip silicios.
RAIONUL VASLUI : Com. Vaslui (Nisipărie), nisip. Com. Zapodeni (Chicera), nisip silicios cu puțin calcar și argilă. Com. Rădeni (Popești), nisip. Com. Obîrșeni, nisip. Com. Lipova (Pătrășcani și Mocanu Tisa), nisip. Com. Florești (Via boierească), nisip. Com. Deleni (Deleni), nisip.

Balast

RAIONUL HÎRLĂU : Com. Hîrlău (Podul Obădani), conține material calcaros și argilos. Com. Ceplenița (Dealul Morii), conține material calcaros și argilos.
RAIONUL HUȘI : Com. Botești (La Găinărie), balast de rîu. Com Ghermănești (Capul dealului), balast de rîu. Com. Lunca Banului (Otetoaia), balast de rîu. Com. Stănilești (Ripa Satului), balast de rîu. Com. Vetrișoaia, (Mitachi balast de rîu.
RAIONUL IAȘI : Com Bivolari, (Bivolari) balast de rîu. Com. Golăești (Medeleni), balast de rîu. Comuna Prisecani (Burlacu), balast de rîu. Com. Trifești (Zaboloteni) balast de rîu.
RAIONUL PAȘCANI : Com. Mogoșești (Albia Siretului), balast de rîu Com. Lespezi (Lespezi), balast de rîu. Com. Lespezi (Fotin Enescu), balast de rîu. Com. Pașcani (Blegești), balast de rîu. Com. Pașcani (Lunca), balast de rîu. Com. Hălăucești (Hălăucești), balast de rîu.
RAIONUL ROMAN : Com. Buruienești (Buruienești), balast de rîu. Com. Dulcești (Lunca Roșiori), balast terasă. Com. Cordun, (Albia Moldovei), balast de rîu Com. Bozienii de sus (Ruginoasa), balast de carieră. Com. Gîndiți (Podul Siretului), balast de rîu. Com. Gherăiești (Moldova), balast de rîu. Com. Onișcani (Valea Siretului) balast de rîu. Com. Ion Creangă (Valea Siretului), balast de rîu. Com. Tanasani (In Cantina), balast de rîu. Com. Trifești (Moldova Seacă), balast de rîu. Com. Pildești (Valea Moldovei), balast de rîu. Com. Secuieni (Siret), balast de rîu. Com. Sagna (Lunca Siretului), balast de rîu. Com. Răchiteni (Albia Siretului), balast de rîu.
RAIONUL TG. FRUMOS : Com. Heleșteni (Dealul Borcului), balast de terasă.
RAIONUL VASLUI : Com. Ștefan cel Mare, balast de rîu.

Piatră de var

RAIONUL HUŞI : Com. Gorban (Cilcea).

Argilă cenuşie

RAIONUL HUŞI : Com. Olteneşti (Rinceni, Ripa, Fundul Lupan).
RAIONUL IAŞI : Com. Bîrnova (Păun şi Ripa Petrosul). Com. Poieni (Poieni).
RAIONUL NEGREŞTI : Com. Mădîrjac (Gura Humăriei).
RAIONUL ROMAN : Com. Gîndiţi (Moara Veche şi sub deal la Siret.
RAIONUL VASLUI : Com. Soleşti (Zazana). Com. Costeşti (Ticlăoani). Com. Lipova (Malacu şi Valea Moşneagului.

Argilă pentru cărămizi

RAIONUL CODĂEŞTI : Com. Pocreaca (Islazul comunal).
RAIONUL IAŞI : Com. Coasta Muncelului. Com. Roşcani (Islazul comunal). Com. Iaşi (Fabrica Dancu) Abator, Fabrica Bucium (Dealul Manisale), Fabrica Ciurea (Zanea).
RAIONUL ROMAN : Com. Gherăieşti (Fîntînele şi Varniţa).
RAIONUL TG. FRUMOS : Com. Tg. Frumos (Rediu). Com. Sineşti (Gura Humăriei).
RAIONUL VASLUI : Com. Costeşti (Lunca). Com. Rediu (Rediu).

Argile pentru cărămizi şi ţigle

RAIONUL HUŞI : Com. Olteneşti (Dealul satului Sgura). Com. Boteşti (Rodia). Com. Huşi (Recea).
RAIONUL IAŞI : Com. Andrieşeni (Andrieşeni). Com. Vînători (Cărămidărie) Com. Ciurea (Fabrica de cărămidă).
RAIONUL ROMAN : Com. Miron Costin (Dealul Riului).

Argile pentru plăci pentru sobe

RAIONUL PAŞCANI : Com. Miroslăveşti (Miroslăveşti).
RAIONUL IAŞI : Iaşi (Holboca, Socola, Nicolina, Păcurari).

Marne

RAIONUL CODĂEŞTI : Com. Dobrovăţ (Cetăţuia).
RAIONUL HUŞI : Com. Crasna.
RAIONUL IAŞI : Com. Bîrnova (Repedea).

Hidroxizi (Lutişor)

RAIONUL ROMAN : Com. Bozienii de Sus (păr. Velniţei).

5. Concluzii

1. In regiunea Iaşi, potrivit structurii geologice a podişului Moldovei apar în deschideri naturale şi în cariere următoarele roci : calcare oolitice, grezii, conglomemerate, nisipuri de carieră, balast de carieră şi de rîu, argile, marne, lut şi hidroxizi de fier (lutişor).

2. Această varietate atît de restrînsă de roci sedimentare care nu sînt toate şi pretutindeni cu proprietăţiie cele mai bune cerute de tehnica construcţiilor, impune :

a) Studiul sistematic al celor mai bune roci şi pentru fiecare din ele găsirea locurilor celor mai favorabile din punct de vedere tehnic şi economic pentru exploatarea lor.

b) Cercetări în laborator şi cu aplicaţii pe şantiere pentru găsirea modalităţii utilizării unui cît mai mare număr din aceste roci în condiţiile

diferite impuse de construcție și de mediul în care pot fi întrebuințate pentru a le folosi cît mai judicios.

c) Studiul acestor materiale în laborator și apoi pe șantiere pentru găsirea metodelor celor mai economice pentru ameliorarea lor, sporind prin aceasta posibilitățile lor de industrializare.

Catedra de Construcții
Laboratorul de Materiale de Construcții

BIBLIOGRAFIE

1. Cobîlcescu, Gr., Ueber einige Tertiärbildungen in der Moldau, Verhandlungen der k. k. geol. Reichsapetalt, 1883.
2. Simionescu, I. Contribuțiuni la geologia Moldovei dintre Siret și Prut, An Acad. Rom, 1903.
3. Sevastos, R: Descrierea geologică a Regiunii Codăești și Răducăneni din Moldova de Nord, An. Inst. Geol. al Rom., vol. II, 1908.
4. — Imprejurimile orașului Iași, An. Inst. Geol., 1911.
5. — Geologia Regiunii Mogoșești din nordul Moldovei, An. Inst, Geol., 1910.
6. David, M., *Cercetări geologice în podișul Moldovenesc*, Iași, 1909.
7. Atanasiu, I. și Macarovici. N.: Les sédiments miocènes de la partie septentrionale de la Moldavie. Dép. Dorohoi, Botoșani et Iași, Ann. Inst. Geol. XXIII, 1950.

МОНОГРАФИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ЯССКОЙ ОБЛАСТИ

(Краткое содержание)

Авторы представляют монографию строительного материала Ясской области.

Указаны выходы месторождений и залежи известняков песчянников, песков и глин, классифицированные по местностям и их петрографическому характеру. Малая часть этих залежей разрабатывается, большинство, что составляет выходы месторождений, найденые и частично исследованные авторами этой работы (опубликованы или в процессе работы).

Работа представляет внос в ознакомление с местными материалами и расширяет возможности новых разработок.

MONOGRAPHIE DER BAUMATERIALIEN IN DEM GEBIETE IAȘI

(Zusamenfassung)

In dem vorliegenden Werk haben die Verfasser, eine Monographie der Baumaterialien in dem Gebiete Iași, ausgearbeitet. In der Arbeit werden Aflorimente und Lagerstätte von Kolkstein, Sandstein, Sand und Ton, welche ihrer Natur gemäss, nach Gebieten und Städten, klassifiziert wurden. Wenige dieser Lagerstätte werden derzeit ausgebeutet, die meisten sind von den Verfassern dieses Werkes zur Stelle geprüft worden (einige diesen Forschungen sind bereits publiziert, die andern befinden sich in der Arbeit).

Das vorliegende Studium bringt einem Beitrag im Erkennen dieser Materielien und eine wirkliche Stütze dieser, durch die mögliche Eräffung von neuen Ausbeutungsbetrieben.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, Fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢIUNI LA STUDIUL ARGILELOR DIN MOLDOVA

NOTĂ PRELIMINARĂ

DE

AL. CHELĂRESCU [1])

Comunicare prezentată la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 24—25 octombrie 1953

I. Introducere

Acest studiu a fost început în anul 1952, în cadrul cercului ştiinţific studenţesc al Facultăţii de Construcţii de la Institutul Politehnic din Iaşi şi va fi continuat pînă ce se va aduna material satisfăcător alcătuit din rezultatele cercetărilor de pe teren, în întreprinderi şi în laborator, spre a se putea trece la redactarea studiului anunţat.

Studiul urmăreşte un scop ştiinţific şi unul tehnic.

Scopul ştiinţific este de a studia şi sistematiza în cadrul unui orizont mai larg toate problemele ce ni le oferă tot felul de materii prime din această regiune pentru fabricarea unui număr cît mai mare şi mai variat de materiale ceramice de construcţii, rezolvînd problemele ivite din acest punct de vedere, precum şi a studia şi confrunta metodele de analiză şi încercări în laborator cu procesele circuitului tehnologic din întreprinderi pentru a obţine o îmbunătăţire a acestor metode.

Scopul tehnic este de a răspunde cît mai neîntîrziat ajutorului solicitat de întreprinderile existente şi de secţiile economice şi de planificare ale sfaturilor regionale. Pe acest tărîm planul nostru de lucru prevede două căi :

a) Un studiu al fluxului tehnologic al întreprinderilor existente în toate etapele fluxului tehnologic de la materia primă pînă la fabricatele finite, în scopul eliminării dificultăţilor din fabricaţie, urmărind prin aceasta mărirea productivităţii, reducerea preţului de cost, concomitent cu îmbunătăţirea calităţii fabricatelor şi mărirea numărului sortimentelor produse.

b) Cunoaşterea din punct de vedere ştiinţific şi tehnic a materiei prime cea mai potrivită fabricatului dorit şi locul optim pe teren indicat pentru extragerea ei în acest scop.

---

1. cu colaborarea membrilor cercului ştiinţific studenţesc: Elena Andrişan, Şt. Dumitraş, G. Măcărescu şi Protira Murgu.

II. Considerațiuni generale

Regiunea noastră fiind situată pe podișul moldovenesc are structura caracteristică straturilor sarmatice care îl alcătuesc. Rocile diferitelor strate sînt calcare oolitice, grezii calcaroase, mai rar grezii silicioase, nisipuri calcaroase, nisipuri silicioase, marne prezentînd treceri variate de la calcare la argile, argile cu toate tipurile de trecere, de la argile la nisipuri argiloase.

a) Argila cenușie sau bazală cum îi spun geologii este o argilă grasă de culoare alb cenușie, cenușie sau albăstruie, cînd este umedă. Din această argilă nu s-au fabricat încă, la noi materiale ceramice de construcții, deși ea intervine în amestecurile aluviale sau aluvinare împreună cu alte materii străine.

b) Pe coastele dealurilor se întîlnește un material aluvial datorit acțiunii gravitației și apelor din precipitațiuni care capătă un caracter torențial pe timpul ploilor mari. El este un amestec al rocilor care alcătuiesc straturile profilului geologic local. De fapt din aceste materii heterogene fac parte aproape toate materiile prime și materialele citate mai sus în proporții foarte variate și cu caracter local.

c) Pe traseele rîurilor și în general pe văile lor se găsește tot un material heterogen alcătuit din componenți dintr-un număr și mai mare de componenți cu caracter mai variat decît în materialul de coastă cu caracter aluvial. Rîurile și toate pîraiele, începînd cu bazinul lor de colectare și continuînd cu zona lor de transport și apoi cea de depunere tinzînd prin fenomenul de dezintegrare combinat cu cele de dezagregare și alterare, să șteargă oarecum caracterul heterogen al componenților cu tendințe de mărunțire și omogenizare. In ultima zonă au loc și fenomene de diageneză care local desăvîrșește întreaga serie de fenomene care au avut loc de la izvor și pînă la depunere.

De aceea noi nu începem lucrarea noastră cu studiul sistematic al celor trei tipuri de materii prime de mai sus întrucît el nu ar îmbrățișa decît pe departe marea variație a proprietăților acestor materii și care chiar în aceeași carieră au proprietăți deosebite. Din această cauză se poate spune cu drept cuvînt că fiecare strat de argilă dintr-o carieră își are propria lui istorie geologică și care însumează întreaga acțiune a fenomenelor atît de diverse care au dus la formarea lor.

III. Studii tehnice și științifice

Solicitați de Sfatul Popular al regiunii Iași, Secția Industriei locale și gospodării comunale și mai tîrziu de către fabrica de cărămizi Ciurea, am hotărît să procedăm la un control al circuitului tehnologic la fabricile de cărămizi Ciurea și Bucium.

1. *Fabrica de cărămizi și țigle Ciurea*

Ca vechime, aceasta este a doua fabrică de cărămizi presate din țară, fiind construită în 1892.

Materia primă e un lut argilos, un material aluvionar adus de ape, ca rezultat al unui amestec de argilă bazală, de nisipuri și de grezii calcaroase dezintegrate, antrenate din zona bazinului de colectare a pîrăului Nicolina care și-a croit albia la vest de dealul Zanea învecinat cu fabrica. Acest deal este alcătuit dintr-o argilă grasă de culoare galben-brună,

provenită din argilă cenuşie prin oxidare, datorită acţiunii apelor de infiltraţie.

In acest an întreprinderea a fabricat numai cărămizi. Analizînd această argilă amestecată şi macerată, am obţinut următoarele rezultate :

Denumirea analizei	Rezultate obţinute	Condiţii STAS 229-53
Culoarea argilei arse	roş-cărămiziu	roş-cărămiziu
Plasticitatea	22,32	12—25
Contracţie uscare	6,5%	2—5
Contracţie totală	9,0%	3—9
Textura		
Rezid. pe sita 100 ochi /cmp. max.	0,74%	10
Rezid. pe sita 900 ochi /cmp. max.	1,18	15
Rezid. pe sita 4900 ochi /cmp. max.	2,01	15
Diametrul maxim al granulelor de calcar (mm).	1	2

Pentru ca oricine să-şi poată da seama de calitatea acestei materii prime, am scris în paralel şi condiţiile care se cer de către STAS.

Materia primă are plasticitatea normală, contracţia la uscare depăşeşte uşor plafonul permis, iar cea totală se află la maxim. Textura e mai fină decît cea cerută, ceea ce concordă cu contracţia indicată.

Spre a ne convinge de eficacitatea maşinilor, am recoltat probe de argilă pe rînd de la ieşirea din amestecător, din colergang, valţuri şi din presa cu pas de melc.

Dăm mai jos variaţia acestor analize în diferitele etape ale fabricaţiei.

Denumirea analizei sau încercării	Argilă macerată	După amestecător	După colergang	După valţ	După presă
Culoare	r c.	r. c.	r. c.	r. c.	r. c.
Plasticitate	22,32	30,95	33,77	32,18	31,01
Contracţie uscare %	6,5	6,4	6,1	6,2	6,1
Contracţie totală	9	8,5	8	8	8
Textura :					
Reziduu sita 100 ochi/cmp. max.	0,74	0,88	0,33	0,42	0,43
Reziduu sita 900 ochi/cmp. max.	1,18	0,80	1,12	0,52	0,30
Reziduu sita 4900 ochi/cmp. max.	2,01	1,20	1,89	1,32	1,18
Diametre granule calcar (mm).	10	5	—	—	—

Din datele de mai sus se observă cum plasticitatea creşte simţitor după prelucrarea în colergang şi scade după prelucrarea în valţuri şi presă din cauza amestecului cu aer.

Textura variază prin prelucrare în sensul că reziduurile pe site în general scad datorită mărunţirii, totodată distingându-se acţiunea de omogenizare a amestecătorului şi efectul evident al colergangului.

Spre a urmări cantitatea de apă întrebuinţată am determinat umiditatea după amestecător, colergang, valţuri şi presă, obţinînd:

Argilă macerată	Amestecător	Colergang	Valţuri	Presă
20,75%	22,9%	21,6%	21,5%	22,3% / 22,9%

Pentru controlul uscării am marcat 122 cărămizi, cîte 8 din fiecare grup, după cum au fost plasate în stivele din uscătorii, jos, mijloc, sus sau lateral. S-au măsurat contracţiile şi s-a determinat în mod periodic pe tot intervalul de timp al uscării.

a) *Uscătoria optimă* (2).

Contracţia % după:	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	3,96	5,10	5,60	6,48	6,19	6,23	6,92
mijloc	1,67	3,63	3,90	4,56	4,80	5,90	5,50
jos	2,80	2,97	3,80	4,96	6,20	6,40	6,88
lateral	3,68	4,75	5,55	5,60	5,69	5,90	6,16
Umidit. % după:	**2**	**4**	**6**	**9**	**12**	**15**	**18 zile**
sus	18,00	13,50	14,00	8,90	8,10	2,80	2,90
mijloc	18,75	18,60	14,90	10,40	9,10	5,40	4,80
jos	21,80	20,80	16,60	16,40	13,80	8,10	4,40
lateral	17,50	14,90	10,30	9,20	7,90	3,50	2,20

b) *Uscătoria Nr. 2* (4).

Contracţia % după:	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	2,50	3,55	4,22	4,47	5,33	5,66	5,75

Contracția % după:	2	4	6	9	12	15	18 zile
mijloc	1,77	2,34	2,75	3,53	4,34	4,93	5,58
jos	1,40	2,22	2,03	2,61	3,56	4,06	4,56
lateral	2,21	2,80	3,36	3,81	4,52	5,18	5,76
Umidit. % după:	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	—	18,30	16,90	13,35	12,20	7,80	5,00
mijloc	—	21,70	19,70	18,70	18,00	12,00	9,50
jos	—	20,60	20,60	18,20	16,60	13,70	9,10
lateral	—	—	18,75	—	14,40	9,40	7,42

Spre a ne da seamă de desfășurarea fenomenelor de uscare și de contracție vom reprezenta grafic aceste fenomene în raport cu timpul și cu locul ocupat de către cărămizile respective în uscătorie.

In fig. 1 se observă cum cărămizile din uscătoria cuptor etaj I arată cea mai mare contracție, urmează apoi în ordine descrescîndă cărămizile din uscătoriile „cuptor etaj II", fierărie și uscătoria optimă.

c) *Uscătoria deasupra cuptorului et. I* (3).

Contracția % după:	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	3,02	4,18	5,13	5,98	6,55	7,00	7,3
mijloc	2,87	4,10	4,68	5,55	6,69	7,03	7,75
jos	3,30	4,94	6,15	6,27	7,10	7,53	7,60
lateral	4,10	5,01	5,58	5,78	5,88	6,96	7,12

Umidit. % după:	0	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	22,40	19,20	18,00	17,60	9,60	6,40	5,10	4,90
mijloc	22,40	21,70	20,70	19,60	16,90	14,20	6,40	5,20
jos	22,40	20,25	19,05	18,40	16,40	10,70	5,20	4,80
lateral	22,40	17,60	17,30	17,10	14,80	7,80	5,90	5,70

d) *Uscătoria deasupra cuptorului et. II* (1).

Contracția % după :	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	4,25	5,74	5,91	5,92	6,23	6,45	6,32
mijloc	2,35	3,90	4,39	5,10	5,26	5,65	6,32
jos	0,95	2,12	3,29	5,13	5,81	5,96	6,44
lateral	—	—	—	—	—	—	—

Umidit. % după :	0	2	4	6	9	12	15	18 zile
sus	22,40	15,80	16,50	5,40	3,20	3,60	0,70	1,10
mijloc	22,40	18,50	16,60	14,10	9,90	6,00	2,90	1,00
jos	22,40	20,80	19,70	17,80	8,20	7,70	3,90	2,10
lateral	22,40	—	—	—	—	—	—	—

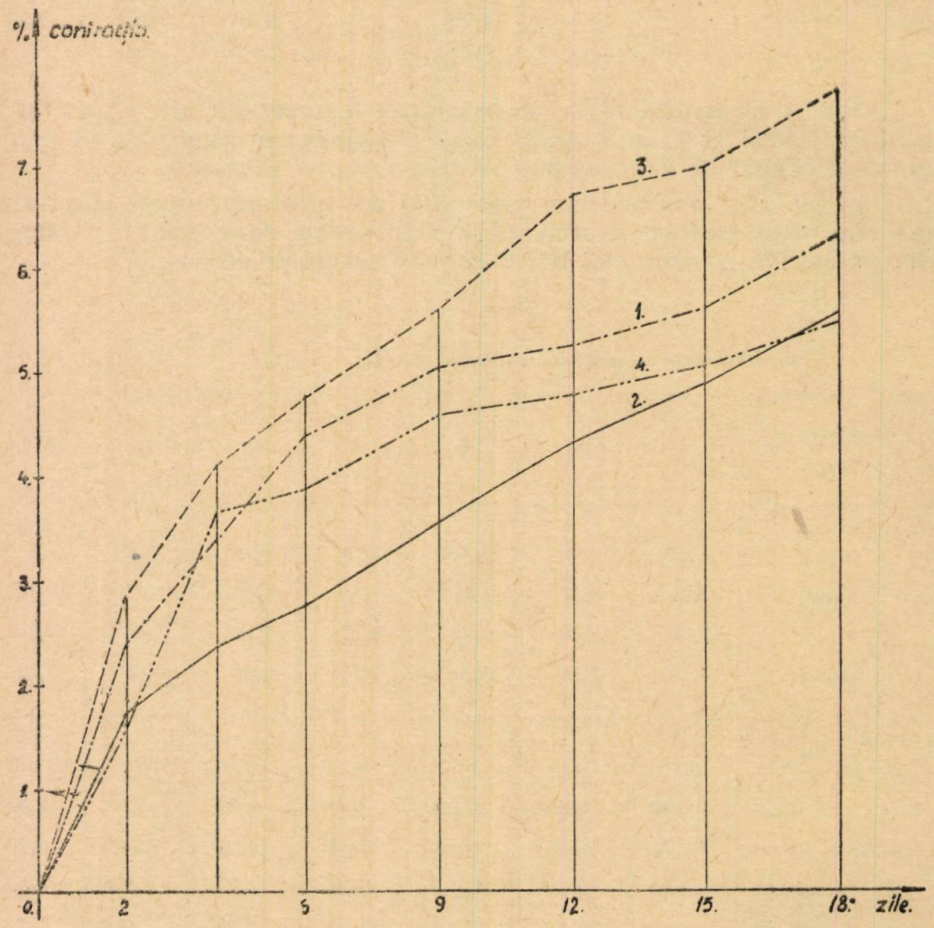


Fig. 1

Uscătorii	Uscătoria optimă	Uscătoria Nr. 2	Uscătoria cuptor I	Uscătoria cuptor II
Contracție finală % uscare	5,50	5,58	7,75	6,32
Contracție maximă % în 24 ore	0,93	0,88	1,43	1,18
Interv. de zile contracție maximă	2-a—4-a zi	0—2-a zi	0—2-a zi	0 2-a zi

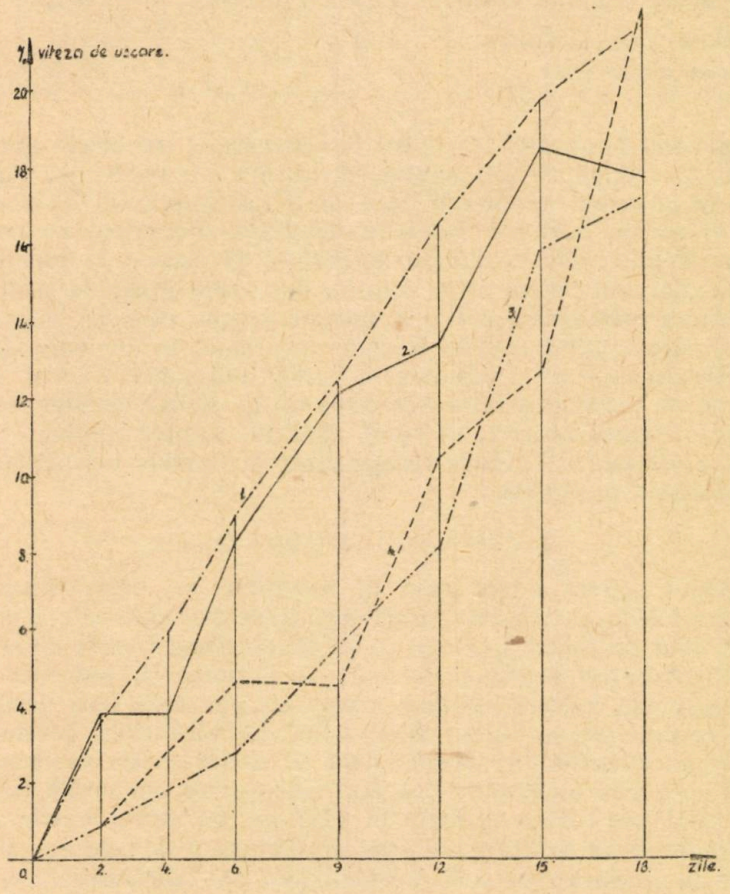


Fig. 2

In fig. 2 am însemnat în ordonată viteza de uscare și în abscisă zilele. Luînd ca termen de comparare cărămizile plasate la mijloc obținem următoarele rezultate.

Din tabloul de mai jos, în funcție de viteza de uscare, după un în-

terval de 18 zile, uscătoriile se clasifică după cum urmează, în ordine descrescîndă ca putere de uscare: uscătoria cuptor etaj II, uscătoria optimă, uscătoria cuptor etaj I şi uscătoria ferărie.

Uscătorii	Uscătoria cuptor II	Uscătoria optimă	Uscătoria cuptor I	Uscătoria fierărie
Rest umiditate	1%	4,8%	5,2%	9,5%
Viteza maximă de uscare în 24 ore	1,40%	1,50%	2,60%	1%
Intervalul de timp cu viteza maximă de uscare (zile)	6—9	6—9	12—15	9—15

Intervalul favorabil de uscare la uscătoria 2 (fierărie) este probabil 6-21 zile, căci după 15 zile puterea de uscare era în declin, dar încă nu ajunsese la termenul nerentabil. Deşi ar fi fost interesant de observat cum variază în aceeaşi uscătorie restul de umiditate, intervalul cu viteza maximă de uscare şi intervalul cu putere favorabilă de uscare, în funcţie de poziţia cărămizilor, nu putem să le folosim din cauza lipsei de spaţiu.

Arderea cărămizilor are loc într-un cuptor circular cu camere în două cuptoare intermitente cu flacără răsturnată, în cuptoare de cîmp cu zidărie permanentă şi în cuptoare de cîmp obişnuite. Cadrul restrîns al lucrării nu ne permite a intra mai profund în studiul acestei fabrici.

După părerea noastră, în cazul cînd se rezolvă problema materiei prime, această fabrică trebuie reorganizată în limitele posibilităţilor, încît să se sporească producţia.

2. *Fabrica de cărămizi Bucium*

Această fabrică a fost pusă în funcţiune în 1901. Timp de cinci decenii s-a folosit ca materie primă depozitele aluvionare de la gura Vămeşoaei (în aval de fabrică). Acest pîrău îşi colectează apele de pe versantul nordic al masivului Repedea, de unde a dezintegrat, antrenat şi alterat grezii calcaroase, calcare oolitice, marne etc., pe care le-a depus la gura sa, care se deschide în valea Bahluiului. La alcătuirea acestui material aluvionar au contribuit şi torenţii care au spălat coasta vestică a dealului Manisali care este alcătuit în cea mai mare parte din argilă bazală.

In sondajele care s-au făcut în 1947 pe versantul vestic al acestui deal, în apropierea fabricii s-a găsit argilă bazală de culoare galben-brună care este prea grasă spre a fi întrebuinţată la fabricarea cărămizilor şi ţiglelor.

Pînă în 1951 s-a utilizat în acest scop materialul aluvionar adus şi depus de Vămeşoaia însă aceste rezerve s-au epuizat întrucît exploatarea a înaintat către Nord pînă aproape de linia ferată. In prezent se amestecă argilă din dealul Manisali cu ce a mai rămas din rezerva veche. Rămîne o problemă asemănătoare ca şi la fabrica Ciurea: găsirea unui degresant învecinat care să permită exploatarea piciorului nordic al dealului Manisali.

Fabrica are un circuit dotat cu minimum de mașini: amestecător → valțuri → presă.

Am procedat ca și la fabrica Ciurea. Iată rezultatele analizelor materiei prime macerată și utilizată în această campanie de lucru:

Denumirea analizei sau încercării	Rezultate obținute	Condiții STAS 229—53	
	Argilă macerată	Cărămizi-țigle	Cărămizi
Culoarea argilei arse	roș-cărămiziu	roș-cărămiziu	roz-cărămiz.
Plasticitatea	33	20—35	12 25
Contracție uscare	6,5%	4—6	2—6
Contracție totală	9,0%	6—12	3—9
Textura			
Reziduu sita 100 ochi/cmp. maxim	0,74	1	10
Reziduu sita 900 ochi/cmp. maxim	1,8	10	15
Reziduu sita 4900 ochi/cmp. maxim	2,00	20	15
Diametrul max. al granulelor de calcar (mm).	1	1,5	2

Sîntem în prezența unei argile cu plasticitate satisfăcătoare pentru cărămizi și țigle. Construcția la uscare e ceva mai mare decît contracția maximă plafonată de STAS, iar textura e cu mult mai fină decît cea prescrisă, conține granule de calcar, dar în limitele permise. Contracția destul de mare la uscare va cauza greutăți, cărămizile avînd tendință de fisurare.

Recoltînd probe după amestecător, valțuri și filieră, am obținut următoarele rezultate:

Denumirea analizei sau încercării	Argilă macerată	După amestecător	După valțuri	După presă
Culoare	roș-cărăm	roș-cărăm	roș-cărăm	roș-cărăm
Plasticitate	33,52	38,9	39	36,3
Contracție uscare	6,5%	6,5%	6,5%	6,6%
Contracție totală	9,0%	9,8%	10,0%	9,8%
Textura				
Reziduu sita 100 ochi/cmp. maxim	0,74	0,99	0,39	0,34
Reziduu sita 900 ochi/cmp. maxim	1,18	2,38	0,78	0,64
Reziduu sita 4900 ochi/cmp. maxim	2,01	5,82	3,85	1,36
Diametrul max. al granulelor de calcar (mm).	1	—	—	—

Cărămizile crude aveau umiditatea 23%.

Ca și la fabrica Ciurea, plasticitatea crește după amestecător cînd a primit apă, pentru ca apoi să scadă mereu. Aceasta denotă că valțurile nu au nici o influență, fiind prea distanțate, ceeace am constatat și la fața locului. Funcția granularității crește prin prelucrare.

Am marcat 128 cărămizi pe care le-am plasat în diferitele părți ale unor stive (sus, lateral, mijloc, jos) din același șopron uscător. Timp de 10 zile am măsurat contracțiile și am determinat umiditatea, sacrificînd cîte o cărămidă de fiecare loc.

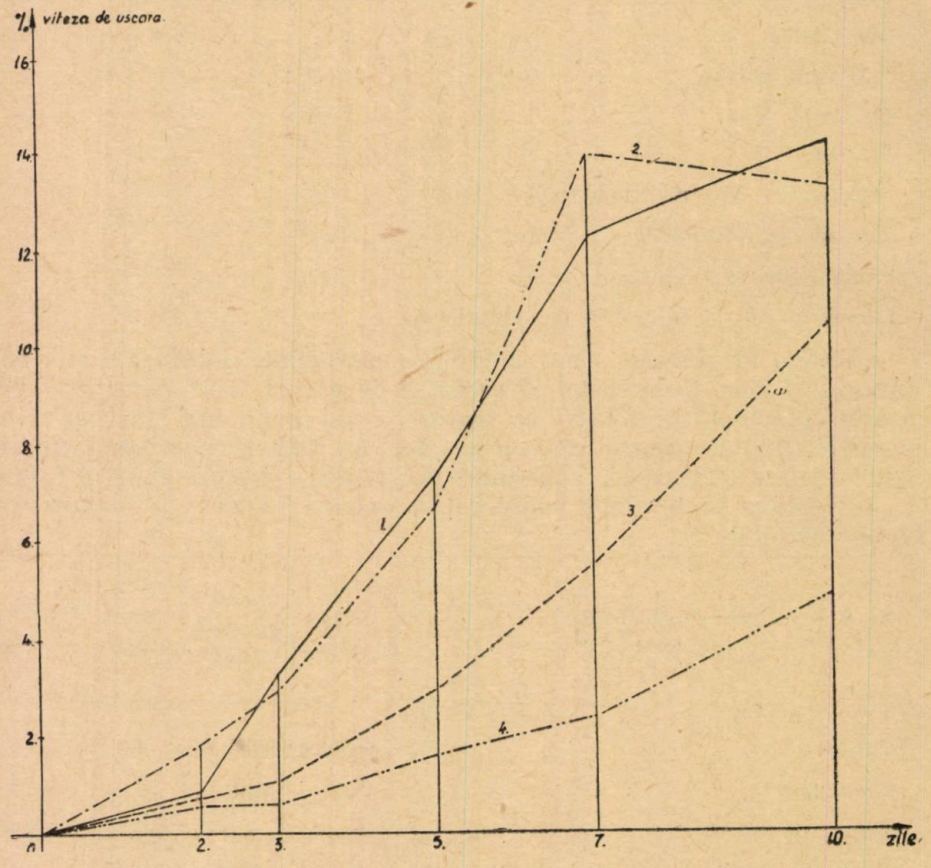


Fig. 3

Viteza de uscare.

Iată mai jos un tabel cu date asupra modului cum a venit umiditatea în timp, în funcție de locul unde au fost plasate cărămizile în stivă.

In fig. 3 am reprezentat viteza de uscare % în ordonată și timpul (zile) în abscisă, iar în tabelul de mai jos datele comparative.

Uscătoriile sînt sub formă de şoproane acoperite cu stuf sau scînduri fără pereţi laterali. Protecţia e asigurată prin rogojini cu care se învelesc stivele pe trei părţi (afară de partea din axul longitudinal al şopronului). Dacă nu sînt bine învelite, mai ales în prima fază de uscare, cărămizele crapă.

Umiditatea % după :	0	2	3	5	7	10 zile
sus (1)	20,70	19,45	17,35	13,50	8,40	6,24
lateral (2)	20,70	18,80	17,60	13,90	6,17	7,30
mijloc (3)	20,70	19,96	19,56	17,72	15,27	10,30
jos (4)	20,70	20,18	20,06	19,07	18,27	15,87

Cărămizile aşezate sus ori lateral se usucă cel mai repede.

Viteza de uscare descreşte la cărămizele aşezate în mijlocul stivei, dar mai ales la cele de jos (0,80% în 24 ore).

L o c u l	sus	lateral	mijloc	jos
Umiditatea finală % după 10 zile	6,24	7,30	10,30	15,87
Viteza max. de uscare în 24 ore	3,71	2,50	1,41	0,80
Interval de timp cu viteza maximă uscare	5-a—7-a zi	5-a—7-a zi	In creştere 10	In creştere 10

Cantitatea maximă de apă se evaporă între a 5-a şi a 7-a zi pentru cele aşezate sus ori lateral şi după a 10-a zi pentru cele aşezate la mijlocul şi la partea de jos a stivei.

L o c u l	2	3	5	7	10 zile
sus	1,20	1,64	4,90	6,49	6,50
lateral	1,39	1,97	4,39	5,22	6,39
mijloc	0,55	0,69	1,78	2,96	6,01
jos	0,66	0,95	1,39	2,13	4,53

Viteza de uscare pentru cărămizile aşezate la partea de jos ar creşte mult dacă stiva s-ar clădi pe un raft cu grătar de lemn la cel puţin 40 cm de la pămînt.

Contracţia.

Iată desfăşurat mersul contracţiei în cele 10 zile de observaţii,

In fig. 4 am reprezentat grafic contracția (ordonată) în funcție de timp (abscisă), iar în tabloul de mai jos rezultatele comparative.

Observăm scăderea contracției de la partea de sus către părțile laterale, mijlocii și de jos. Viteza maximă de contracție e de 1,63% în 24

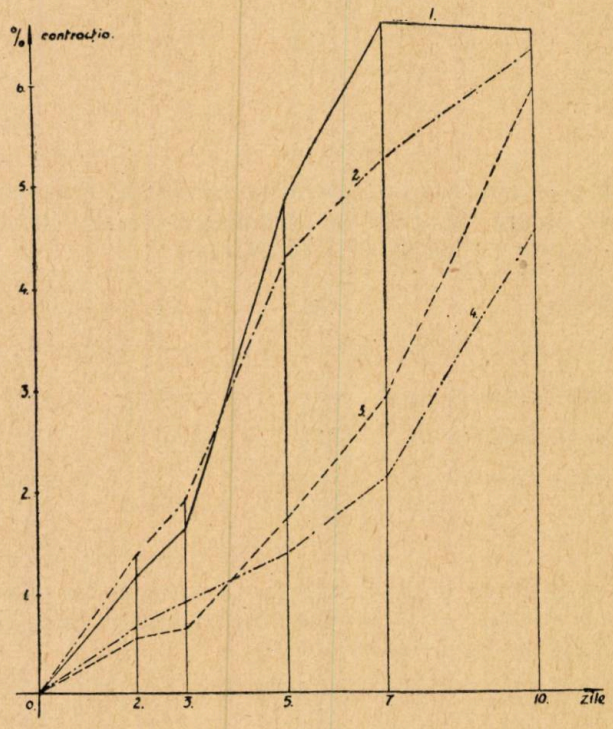


Fig. 4

L o c u l	sus	lateral	mijloc	jos
Contracție uscare %	6,5	6,39	6,01	4,53
Contracție maximă 24 ore	1,63	1,21	1,02	0,80
Intervalul de timp cu contracție maximă	3 5 zile	3—5 zile	7—10 zile	7 10 zile

ore la partea de sus a stivei între ziua a 3-a şi a 5-a, interval valabil şi pentru cărămizile din partea laterală a stivei. Cărămizile de la mijlocul stivei şi de la partea de jos au contracţia maximă între a 7-a şi a 10 a zi.

3. *Studiul comparativ*

a. Efectul maşinilor de prelucrare

Pentru a ne da seama de eficacitatea maşinilor asupra materiei prime, am înscris rezultatele de la ambele fabrici în graficul din fig. 5 şi anume, plasticitatea în ordonată şi linia tehnologică în abscisă.

Se observă că la ambele fabrici, valţurile nu au aproape nici un efect asupra plasticităţii argilei prelucrate. De asemenea se remarcă efec-

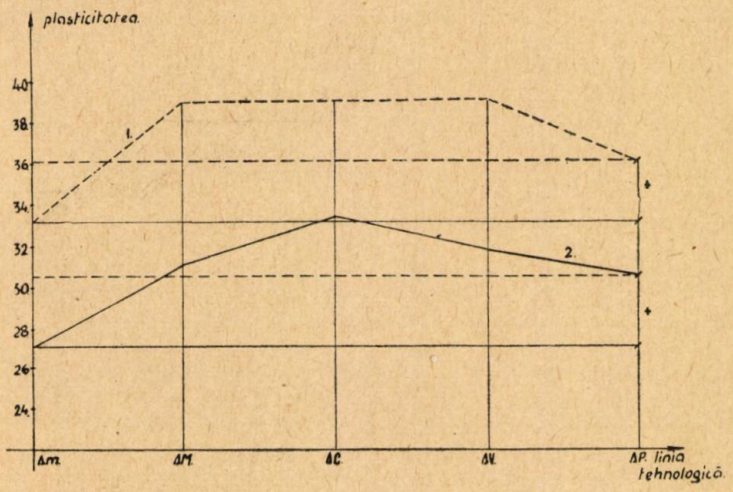


Fig. 5

tul evident al colergangului de la Ciurea asupra plasticităţii. Efectul este mărit şi din cauza introducerii vaporilor de apă în loc de apă rece.

Efectul cel mai mare asupra plasticităţii este la fabrica Ciurea (2) datorită colergangului, înregistrînd un spor de plasticitate de 51,2% faţă de cel iniţial, în timp ce la Bucium (1) sporul e numai de 17%.

b. Studiul contracţiei în funcţie de umiditate

Dacă studiul umidităţii şi contracţiei în funcţie de timp ne arată cum se usucă şi se contractă cărămizile în intervalul de uscare, este interesant a exprima viteza de contracţie în funcţie de viteza de evaporare a apei.

Se ştie că factorii care influenţează contracţia atunci cînd se usucă în aer, sînt: plasticitatea şi cantitatea de apă utilizată de prelucrare. Cantitatea de apă necesară pentru prelucrare depinde în mod direct de finеţea granularităţii care influenţează şi gradul de plasticitate. Cu alte cuvinte argila se comportă conform texturii ei care condiţionează plasticitatea şi prin ea contracţia şi totodată cantitatea de apă pentru lucru.

Contracţia este fenomenul de care depinde viteza de uscare şi de ardere, deci cauza dificultăţilor ce se întîmpină în fabricaţie atunci cînd tehnologul nu cunoaşte îndeajuns materia primă şi felul cum ea se com-

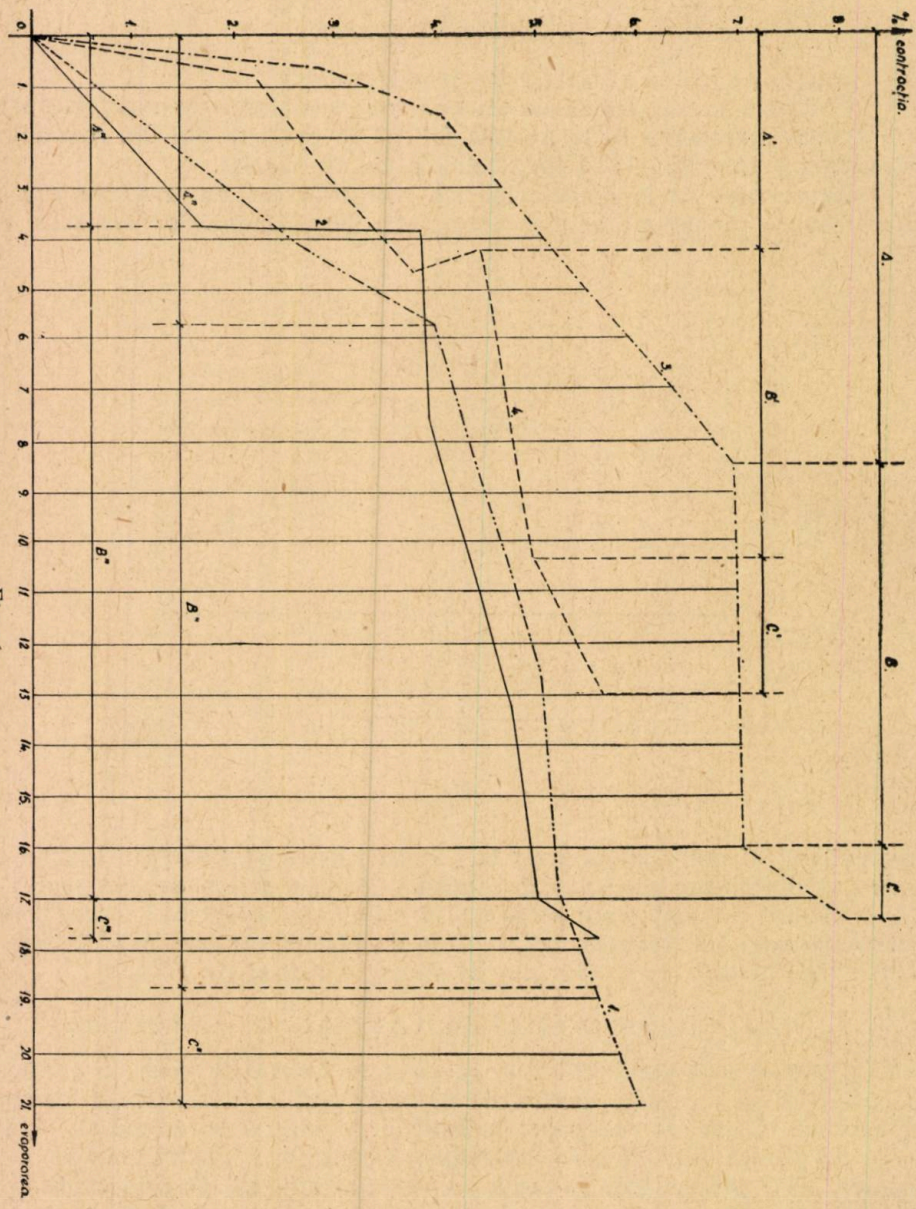


Fig. 6

portă în fabricaţie. Cunoscînd proprietăţile ei, ne dăm seama de la început la ce ne putem aştepta în fabricaţie.

Dăm mai sus graficul din fig 6, în care am reprezentat contracţia

Nr. crt.	Localitatea şi raionul	Culoarea	Plasticitate	Contracţia		Textura reziduu pe sita de... ochiuri pe cmp			Diam. granul. de calcar mm.	Observ.
				Uscare	Ardere totală	100	900	4900		
	STAS 229-1953		20—35	4—6	6—12	1	10	20	1,5	c. şi ţigle
		roş-cărăm.	12—26	2—6	3—9	10	15	15	2	
1	Hîrlău	„	31	6	10,2	0,32	0,3	1,4	14	c. şi ţigle
2	Hîrlău	„	43	9,6	10,1	0,1	0,45	6,99	—	
3	Hîrlău	„	37,8	7,6	9,4	0,17	0,1	2,77	—	
4	Hîrlău	„	36,6	9,4	9,7	0,3	2	16,98	—	
5	Hîrlău	„	36	9,2	10	2	6,6	22	8	
6	Hîrlău	„	37,9	9	11,4	1,32	1,66	3,93	9	
7	Hîrlău	„	37,2	8	10,6	0,89	104	2,221	14	
8	Creţeşti	„	24,5	7,2	7,8	2,11	3,58	28,67	21,3	cărămizi
9	Creţeşti	„	36,6	10,8	11,6	0,19	0,84	11,96	4	
10	Bucium-Iaşi	roz-deschis	33	9,5	9,7	0,65	1,36	4,65	—	c. şi ţigle
11	Bucium	roz-cărăm.	36,4	6,40	10.1	0,05	0,43	0,35	—	
12	Bucium	„	36,1	7,00	8,4	0,83	1,92	5,16	—	
13	Bucium	„	36,4	6,30	9,6	0,28	0,76	288	—	
14	Bucium	„	28,22	5,44	6,2	114	114	579	—	
15	Bucium	„	33,3	6,30	9,0	0,6	1,21	356	—	
16	Tg. Frumos	„	37,5	9,5	10,2	0,03	1,49	0,38	5,00	
17	Tg. Frumos	„	39,2	10	10,2	0,04	0,09	0,7	—	
18	Tg. Frumos	roz-deschis	38,9	9,9	11,56	0,07	0,4	157	—	
19	Tg. Frumos	roz-cărăm.	38,4	8,5	8,6	0,2	0,78	478	6,00	
20	Tg. Frumos	roz-roşcat	28,4	6,7	6,8	0,9	0,5	5,39	6,5	c. şi ţigle
21	Vaslui	corş-cărăm	24,89	7	8,6	0,43	193	5,76	2	cărămizi
22	Vaslui	roz-deschis	27,74	6,76	11,6	0,67	0,85	20	—	c. şi ţigle
23	Dorneşti	roz-cărăm.	36,85	8,00	10,7	4,7	160	503	10	
24	Dorneşti	„	32,92	9,20	14,6	3,08	10,75	5,32	50	c. şi ţigle
25	Dorneşti	„	23,00	4,8	11,8	0,65	7,34	10,83	3	cărămizi
26	Dorneşti	roş cărăm.	30,04	7,74	10,6	0,67	1,78	8,47	12	c. şi ţigle
27	Dorneşti	„	24,71	7	7,9	0,3	0,69	255	12	cărămizi
28	Dorneşti	„	25,28	7,8	10,00	0,5	2,93	5,6	3,5	cărămizi
29	Dorneşti	„	36,02	7,6	10,01	0,8	1,82	6,55	10	
30	Dorneşti	„	24,52	8,2	9,7	1,58	2,46	6,91	1	cărămizi
31	Dorneşti	„	38,44	5	13,2	0,87	2,30	6,7	—	
32	Dorneşti	„	26,50	7,4	10,8	0,32	1,55	6,37	19	c. şi ţigle
33	Dorneşti	„								
34	Dorneşti	„	32,50	7,5	9,5	0,86	3,47	3,52	—	c. şi ţigle
35	Holboca	„	31,65	5,15		1,30	1,50	2,19	18	c. şi ţigle
36	Holboca	„	19,32	6,4	7,1	0,86	1,93	5,57	7	cărămizi
37	Holboca	„	27,85	6,4	6,6	1,22	5,32	9,29	—	c. şi ţigle
38	Holboca	„	27,82	5,4	6,80	0,66	2,05	7,78	4	c. şi ţigle
39	Huşi	„	26,77	6,8	8,8	1,71	2,09	8,60	2,6	c. şi ţigle
40	Huşi	„	28,83	8,2	8,86	1,52	2,32	9,05	7	c. şi ţigle
41	Huşi	„	20,59	6,5	8,20	1,8	9,3	9,06	13	cărămizi
42	Huşi	„	38,62	4,80		10,2	2,07	4,88		
43	Gălăuşti	„	30,57	3,84		0,62	7,17	13,15	8,4	c. şi ţigle
44	Gălăuşti	„	30,57	6		40,2	0,98	2,01	—	c. şi ţigle

în funcţie de evaporarea apei pentru toate patru uscătorii şi anume pentru cărămizile situate în mijlocul rafturilor.

Se observă cum în afară de condiţiile atmosferice de uscare (umiditatea aerului, temperatură şi presiune şi stare de linişte sau vînt) fiecare lot de cărămizi prezintă o curbă deosebită după uscătoria în care a fost aşezat la uscare (condiţii care decurg din orientarea şi amplasamentul uscătoriei în grupul de clădiri al fabricii) şi în fine la locul de uscătorie în care a fost aşezat lotul (la partea de sus, de jos, lateral sau de mijloc).

Faza cea mai periculoasă este aceea în care se degajă prin evaporare apa de contracţie. In adevăr pe curbă se observă cum există la început un interval *A*, în care unei cantităţi relativ mici de apă evaporată îi corespunde o contracţie apreciabilă. Urmează intervalul *B* în care cea mai mare parte de apă se degajă şi în care contracţia creşte puţin, iar în intervalul *C* (către finele uscării) unei mici cantităţi de apă evaporată îi corespunde iar o creştere a contracţiei. Durata acestor intervale, gradul de evidenţă al acestor intervale şi raportul dintre cantitatea de apă evaporată şi contracţia suferită de fabricate variază de la o uscătorie la alta şi de la un loc la altul în aceeaşi uscătorie.

Aceste intervale corespund: intervalul *A*, evaporării apei de contracţie conţinută între particulele de argilă îndepărtate unele de altele; intervalul *B*, — evaporării unei părţi din apa de absorbţie şi anume din porii particulelor de argilă; intervalul *C* — în care se evaporă apa peliculară care îmbracă aceste particule şi prin plecarea căreia creşte puţin contracţia.

4. *Proprietăţile unor argile din N. Moldovei*

Pentru a arăta proporţia în care apar în Nordul Moldovei argile fuzibile cu o plasticitate favorabilă fabricării materialelor ceramice de construcţii, dăm alăturat un tablou cu rezultatele analizelor făcute în ultimele luni ale anului 1953 în laboratorul nostru.

Se constată că din 44 argile analizate, numai 10 (22,7%) au plasticitatea cuprinsă între limitele permise de STAS pentru o argilă bună pentru fabricarea cărămizilor.

Pentru fabricarea cărămizilor şi ţiglelor corespund 15 argile (34%). Totuşi, urmărind contracţia la uscare constatăm că numai 10 argile (22,7%) se pretează la fabricaţie, fără a pricinui dificultăţi la uscare. Restul pînă la 34% (12%) trebuie ameliorate prin degresanţi. In foarte puţine din aceste localităţi se găsesc la îndemînă (în apropiere) degresanţi convenabili.

Aceasta ne arată dificultăţile alegerii în această regiune a amplasamentelor de fabrici care să corespundă atît ca materii prime cît şi ca locuri avantajoase din considerente economice.

IV. Concluzii

1. In procesul de uscare a fabricatelor ceramice joacă un rol important textura, complexele absorbite cu dimensiuni mari şi cantitatea de apă aflată în masa fabricatelor după terminarea fabricării.

2. Degajarea apei de contracţie prin evaporare în timpul uscării pro-

voacă contracţia fabricatului şi care corespunde intervalului de timp periculos din procesul de uscare.

3. In cazul cînd condiţiile exterioare provoacă evaporarea apei de la suprafaţa fabricatului în cantitate corespunzătoare vitezei de difuzare a apei prin canalele capilare şi pori din interior spre exterior, nu apar tensiuni între părţile interioare şi cele exterioare şi deci fabricatul nu crapă.

4. In cazul cînd condiţiile exterioare provoacă evaporarea apei de la suprafaţa fabricatului în cantităţi mai mari decît aceea care poate circula prin difuziune către exterior, spre a înlocui apa evaporată, apar diferenţe între conţinutul în apă a straturilor succesive de la interior către exterior, deci tensiuni între miezul fabricatelor şi partea lor periferică. In cazul cînd aceste tensiuni întrec rezistenţa la tracţiune a argilei atunci, ele provoacă crăparea fabricatului.

5. In Moldova de Nord numai aproximativ 20% din argilele studiate se pretează la fabricarea materialelor ceramice de construcţii (cărămizi şi ţigle) fără a întîmpina dificultăţi în fabricaţie.

Urmează un al doilea grup de 14% care ar putea fi folosit utilizînd degresanţi. Nu însă pretutindeni se găsesc degresanţi convenabili atît din punct de vedere tehnic cît şi economic şi aceasta reduce mult din posibilităţile de întrebuinţare a acestui grup. Aceste condiţiuni fac şi mai dificilă sarcina găsirii unor amplasamente convenabile atît în ceea ce priveşte comportarea materiei prime cît şi condiţiile reclamate de necesităţile economice regionale.

6. Continuînd studiile în laborator şi în fabrici, pînă ce vom avea la îndemînă un material documentar satisfăcător în legătură cu concluziile de la punctele 1–4, vom căuta a sprijini pe de o parte din punct de vedere tehnic întreprinderile şi instituţiile respective, iar pe de altă parte a dezlega din punct de vedere ştiinţific problemele care decurg din cele expuse mai sus.

Catedra de Construcţii
Laboratorul de Materiale de Construcţii

К ИССЛЕДОВАНИЮ ГЛИН МОЛДОВЫ

(Краткое содержание)

Авторы исследуют сжатие некоторых глин ясской области, в связи со скоростью испарения воды. Рассматривая явление с указанной точки зрения, появляется возможность ввести в графики и сферу испарения воды в зависимости от характеристических интервалов явления сжатия.

Опубликованные данные представляют собой часть результатов работ, проведеных студенческими научными кружками, с целью накопления данных о глинах Молдовы.

BEITRÄGE ZUM STUDIUM DES TONS IN DER MOLDAU

(Zusammenfassung)

In dem vorliegendem Studium wird von den Verfassern eine Arbeit über die Schrumpfung des Tones in Jassy, im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit der Ausdünstung des Wassers, gegeben.

Demgemäss wird es möglich diese Erscheinung in graphische Darstellungen in verzeichnen, sowohl wie das Ausdünstungstadium des Wassers gemäss den charakteristischen Zwischenräumen der Schrumpfung.

Die publizierten Daten stellen einen Teil der Arbeit über die Tone dar, die von den Studenten einiger „Wissenchaftlichen Kreise" bearbeitet werden, die damit einige Elemente für ein Studium des Tones in der Moldau betreffend zu erzielen beabsichtigen. Ausser dem wissenschaftlichen Wert hat die Arbeit gleichfalls einen Wert für die zukünftige Ausdehnung der Industrie der Baumaterialien (Keramike) in dem obengenannten Gebiet.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC
DIN IAŞI
SERIE NOUĂ
Tomul I, fasc. 1 — 2, 1955

CONTRIBUŢIUNI LA STUDIUL BALASTULUI DE SIRET (LITENI) PENTRU AMELIORAREA LUI ÎN VEDEREA LUCRĂRILOR RUTIERE

DE

D. ATANASIU, ELISABETA PĂUNEL, BENIAMIN WEINŞTEIN ŞI BORIS NEMESCU

Comunicare prezentată în sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din 12—13 februarie 1955

1. Introducere

Este cunoscut faptul că un însemnat teritoriu din cuprinsul regiunii administrative Iaşi, dintre Siret şi Prut, este aproape complet lipsit de cariere de piatră corespunzătoare pentru lucrări de construcţia şi întreţinerea drumurilor.

Vechile regimuri burghezo-moşiereşti au dovedit dezinteresare totală în ce priveşte problema drumurilor, lăsîndu-ne o moştenire dezastruoasă. Astfel, mai ales reţeaua drumurilor de interes local din regiunea noastră se găseşte într-o stare cu totul necorespunzătoare nevoilor circulaţiei actuale.

Transformările politice din ţara noastră prin instaurarea regimului democrat popular, ca urmare a eliberării noastre de sub jugul fascist de către glorioasa armată sovietică, au adus schimbări radicale şi în modul de tratare a problemelor rutiere. Paralel cu restabilirea drumurilor şi podurilor distruse în timpul războiului şi cu lucrările de modernizare a reţelei drumurilor de interes general, conducerea ţării acordă o deosebită atenţie îmbunătăţirii circulaţiei pe drumurile locale, care trebuie să devină un factor însemnat în acţiunea de punere în valoare a bogăţiilor regiunii, pentru strîngerea legăturii dintre sat şi oraş, pentru asigurarea transporturilor din ce în ce mai intense reclamate de dezvoltarea continuă a industriei şi agriculturii.

In rezolvarea acestor probleme oamenii de ştiinţă de la noi găsesc un sprijin valoros în experienţa rutieră din U.R.S.S., unde de mulţi ani se dă atenţie deosebită metodelor de îmbunătăţire a materialelor locale, ieftine, pentru a le folosi la lucrări de construcţia şi întreţinerea drumurilor.

Prin studiul întreprins de colectivul nostru, pe baza contractului de colaborare ştiinţifică încheiat cu Dir. Regională de Drumuri şi Poduri Iaşi, urmărim ca pe anumite artere cu circulaţie maximă pînă la 200 vehicule în 24 de ore, să acoperim îmbrăcămintea veche de macadam din piatră spartă locală necorespunzătoare, care duce la o degradare timpurie a părţii carosabile şi la cheltueli mari de întreţinere şi exploatare, cu un strat de uzură din balast ameliorat.

Incepînd din anul 1949—1950 am aplicat această metodă de îmbunătăţire a părţii carosabile pe porţiunea de 8 km cuprinsă între Tg. Frumos-Strunga de pe drumul naţional Iaşi-Roman, care era împietruită cu macadam din piatră calcară slabă.

Acest macadam, în prealabil scarificat şi reprofilat, a fost folosit ca fundaţie pentru un strat de uzură de 8 cm de balast de Siret, în prealabil ameliorat pentru a corespunde unui strat de uzură.

Materialul pe care l-am studiat este un balast provenit din cariera Liteni, raionul Paşcani, aflat în albia majoră a Siretului.

Pentru îmbunătăţirea balastului am urmărit găsirea unui amestec cu granulometria apropiată de amestecurile optimale recomandate în tratatul profesorului N. N. Ivanov [1, p. 124]. Se ştie că prin realizarea amestecurilor optimale se obţine ridicarea calităţii stratului rutier atît datorită măririi frecării interioare a agregatelor din scheletul mineral pentru a rezista la acţiunea sarcinilor verticale, cît şi prin asigurarea unei coeziuni suficiente pentru a face faţă eforturilor tangenţiale dezvoltate de circulaţia automobilă. Mărirea coeziunii este în deosebi esenţială pentru stratul de uzură care primeşte direct acţiunea traficului.

2. Studiul ameliorării balastului de Liteni

In laborator am făcut asupra balastului de Liteni următoarele determinări :

a. *Analiza granulometrică a balastului natural*, rezultatele medii obţinute fiind arătate în tabloul de mai jos :

Tablou Nr. 1

Analiza granulometrică a balastului de Siret

Diametrul sitei	Diametrul ochiului mm	Reziduul g media a 3 probe	Reziduu %	Trecut sub 60 mm %	Trecut sub 25 mm %
1	2	3	4	5	6
60	59,7	—	—	100	—
50	50	62	0,62	99,38	—
40	40	136	1,36	98,02	—
25	24,1	931	9,31	88,71	100
20	19,7	674	6,74	81,97	92,40
10	10	2718	27,18	54,79	61,76
5	5	1684	17,84	36,95	41,65
2	2	977	9,77	27,18	30,64
1	1	331	3,31	23,87	26,90
0,5	0,5	772	7,72	16,15	18,20
0,074	0,070	1537	15,37	0,78	0,88
sub 0,074		78	0,78	—	—
		10000	100	—	—

b. *Rezistenţa la uzură prin frecare reciprocă* (Deval) este arătată în tabloul nr. 2.

c. *Natura petrografică, forma şi aspectul feţelor granulelor.* Balastul este alcătuit din foarte multe grezii silicioase ; în cantitate mai mică sînt grezîile calcaroase ; puţine silexuri, cuarţite, menilite ; puţine calcare, foarte puţine roci sistoşizate.

Determinarea s-a făcut numai calitativ.

Prin faptul că predomină granulele de grezie silicioasă majoritatea granulelor prezintă feţe netede ; în mai mică măsură se găsesc granule cu feţe aspre în timp ce granule cu feţe lucii sînt foarte puţine.

Forma granulelor s-a stabilit conform STAS 666-49 obţinîndu-se următoarele rezultate:

Pentru granulele 7-15 mm

a = 14,7 mm variind de la 33 — 6 mm,
b = 11 mm „ „ 15 — 5 mm,
c = 6,2 mm „ „ 12 — 2 mm,
b/a = 0,74 variind de la 1 — 0,40,
c/a = 0,54 variind de la 0,87 — 0,19.

Pentru granulele 15-30 mm

a = 29,6 mm variind de la 54 — 16 mm,
b = 19,9 mm „ „ 31 — 14 mm,
c = 10 mm „ „ 19 — 4 mm,
b/a = 0,70 vaaiind de la 0,98 — 0,41,
c/a = 0,35 variind de la 0,61 — 0,16.

Tablou Nr. 2

Rezultatul încercărilor la uzură (Deval)

Nr. încercării	Rezist. uzură %		Ru % media
	1	2	
I	1,1	1,2	1,15
II	1,6	1,4	1,5

După cum rezultă, agregatul corespunde condiţiilor citate prin STAS 766-49 asupra formei granulelor ce alcătuiesc balastul pentru lucrări de drumuri, căci ambele rapoarte b/a (pentru granule 7-15 şi 15-30) sînt mai mari de 0,66 şi rapoartele c/a sînt mai mari de 0,33.

d. *Greutatea unitară în grămadă şi volumul golurilor* sînt arătate în tabloul de mai jos :

Tablou nr. 3

Greutatea unitară în grămadă şi volumul golurilor

Starea materialului încercat	Greutatea unitară kg/m³	Vol. goluri %
Balast natural afînat	1916	24
Balast natural îndesat	2114	19
Balast fără fracţiunea sub 0,074 afînat	1908	24,5
Agregat 25-60 afînat	1574	42,5
Agregat 25-60 îndesat	1690	40
Agregat 25-40 afînat	1500	43,5

Determinările s-au făcut conform STAS 666-49. Volumul golurilor s-a determinat prin umplere cu apă.

e. *Comportarea la tratare cu sulfat de sodiu.* S-a lucrat conform STAS 666-49 cu deosebire că pentru fracţiunile 40-70 mm încercările s-au făcut pe cantitatea de 280 g şi nu pe 2000 g.

Rezultatele obţinute :

agregat 40-70 mm — pierderi 4%,
agregat 30-40 mm — pierderi 6%,
agregat 15-30 mm — pierderi 1,5%,
agregat 7-15 mm — pierderi 3,2%.

Media pierderilor la tratarea cu sulfat de sodiu 3,7%.

f. *Părţile levigabile şi substanţe organice.* Părţile levigabile s-au determinat conform STAS 666-49 obţinindu-se pentru agregatul sub 1 mm, 3% şi urme de substanţe organice.

Toate determinările arătate mai sus dovedesc că materialul de Liteni este bun pentru a fi folosit în stratul de uzură, fiind alcătuit din grezii silicioase şi calcaroase, cu predominarea celor silicioase, cu o uzură foarte redusă, cu forma granulelor satisfăcînd condiţiilor standardelor pentru

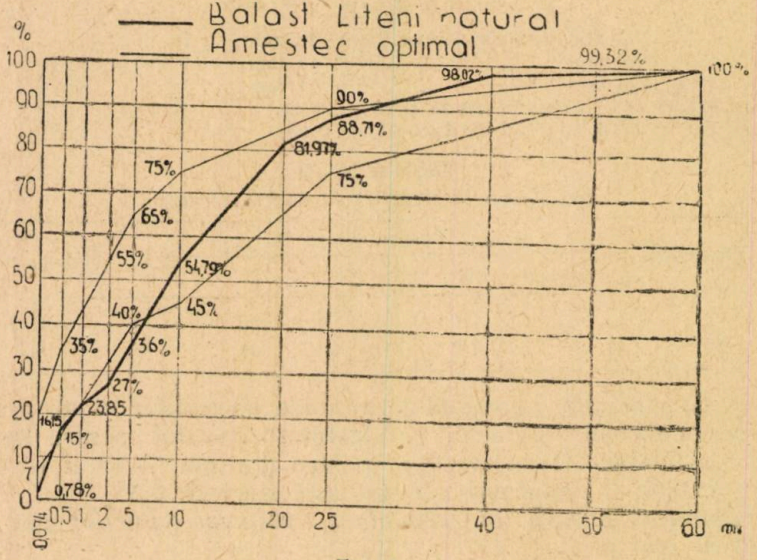


Fig. 1

balasturi utilizate la drumuri şi cu o pierdere la încercarea cu sulfat de sodiu de 3,7% ceea ce indică un material admisibil sub aspectul gelivităţii.

Curba granulometrică a balastului natural de Liteni este dată în diagrama alăturată (fig. 1).

La alcătuirea straturilor rutiere, balastul poate fi folosit fie în fundaţie fie ca strat de uzură al drumurilor împietruite.

După recomandările din literatura sovietică diametrul maxim al granulelor din stratul de uzură este bine să nu depăşească 25 mm, mai rar 35-40 mm deoarece pietrele mai mari pot fi dizlocate prin circulaţie.

Experienţa ne arată că mărimea diametrului granulelor influenţează favorabil valoarea modulului de deformaţie şi anume acest modul creşte cu diametrul granulelor. Ţinînd seama şi de rezistenţa deosebit de bună la

uzură prin frecarea reciprocă a balastului de Siret, ne-am fixat la diametrul maxim pentru stratul de uzură 25 mm. Pentru alte calităţi de balast această limită va putea fi ridicată fără a se depăşi însă valorile maximale arătate mai sus.

Pentru compararea balastului studiat în ce priveşte granulometria cu reţetele de amestecuri optimale indicate de literatură, am împărţit agregatul în trei fracţiuni şi anume fracţiunile sub 2 mm, între 2 pînă la 10 mm şi de la 10-25 mm. Pentru aceste fracţiuni am stabilit proporţiile respective în greutate ce rezultă după eliminarea prin ciuruire a granulelor din balastul natural, mai mari de 25 mm.

De asemenea am separat prin ciuruire ansamblul fracţiunilor ce trec prin sita de 0,5 mm precum şi fracţiunile fine prăfoase-argiloase mai mici de 0,074 mm. Procentul acestor din urmă fracţiuni la balastul de Liteni este foarte redus şi anume 0,88%.

Rezultatele studiului granulometriei balastului după îndepărtarea prin ciuruire a granulelor peste 25 mm este indicat în diagrama alăturată (fig 2).

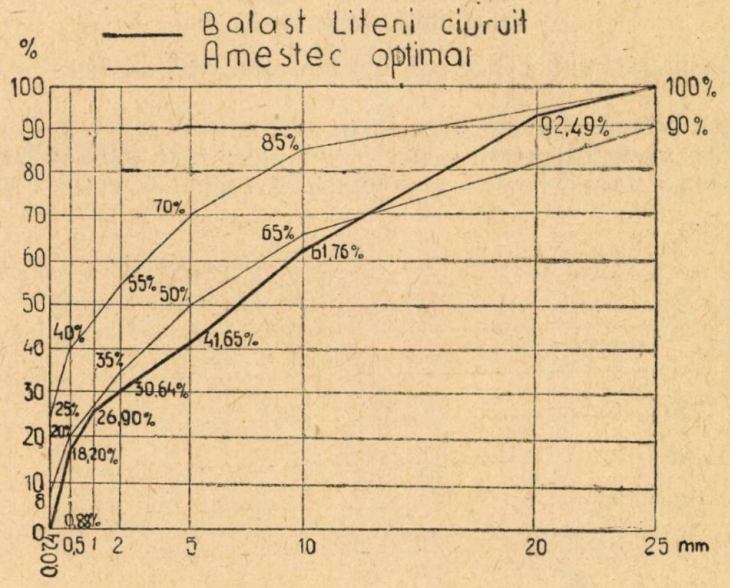


Fig. 2

Se observă din curba granulometrică un procent de 18,20% al fracţiunilor sub 0,5 mm faţă de cantitatea necesară de 20 pînă la 40% pentru asigurarea unei bune coeziuni a amestecului folosit în stratul de uzură, ceea ce arată că balastul de Siret (Liteni) este deficitar în ceea ce priveşte fracţiunile fine.

Ţinînd seama pe de altă parte de condiţiunile climaterice şi de umiditate în care se găseşte porţiunea de drum pe care am făcut experimentarea (în apropierea pădurii Strunga) regiune cu ploi abundente în timpul primăverii şi toamna, pentru ameliorarea balastului de Liteni am calculat adaosul de material corespunzător, luat din apropierea punctului de lucru astfel încît să obţinem limita inferioară a procentului de fracţiuni argilo-prăfoase, adică 8%.

In acest scop am folosit adaos de argilă-nisipoasă din zona drumului având 52,5% fracţiuni sub 0,074 mm, limita de curgere 45 şi indicele de plasticitate 25.

Notînd cu $p\%$ conţinutul de material adăugat în balastul ameliorat şi ţinînd seama de procentul minim de 8% pentru fracţiunile argilo-prăfoase după amestec, valoarea lui p a rezultat din formula simplă :

$$p = \frac{100(8 - 0{,}88)}{52{,}5 - 0{,}88} = 13{,}80\%,$$

ceea ce corespunde un adaos de 16% argilă nisipoasă din greutatea balastului natural ce trebuie ameliorat.

Cu adaosul de mai sus de 16%, procentul celorlalte fracţiuni din curba granulometrică a balastului ameliorat rezultă după cum se arată mai jos :

Fracţiunile sub 2 mm—40%.
Fracţiunile între 2-10 mm—27%.
Fracţiunile între 10-25 mm—33%.

Totalul fracţiunilor fine sub 0,5 mm din balastul ameliorat rezultă 29,50%.

In ce priveşte limitele Atterberg determinate potrivit indicaţiunilor din tehnica sovietică pentru materialul ce alcătuieşte întreaga fracţiune sub 0,5 mm din balastul ameliorat şi anume 23—limita de curgere şi 12—indi-

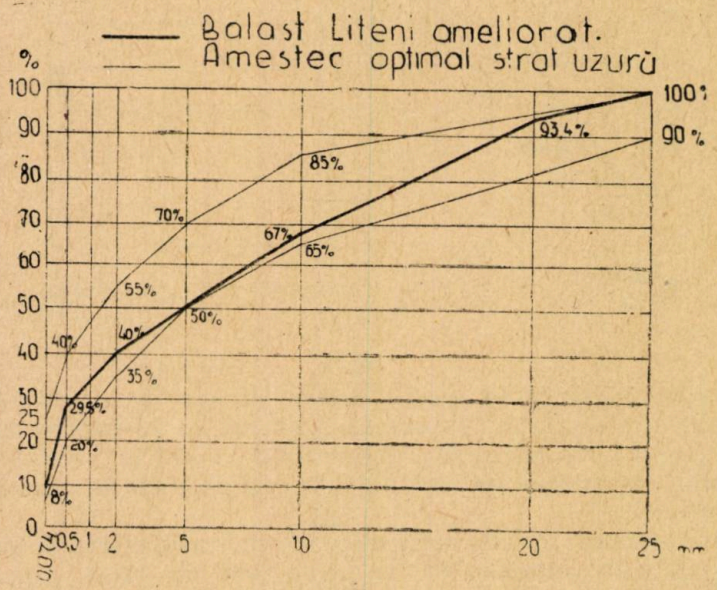


Fig. 3

cele de plasticitate, aceste limite s-au dovedit corespunzătoare pentru betonul argilos din stratul de uzură, în condiţiunile de climat din regiunea respectivă.

După cum se vede din compararea curbelor granulometrice ale amestecurilor optimale date de literatură, care au fost stabilite pe baza principiului minimului de goluri, cu curba granulometrică a balastului de Liteni ameliorat (fig. 3 și 4), rezultă că am adoptat limita inferioară pentru fracțiunile argilo-prăfoase și limita superioară a fracțiunilor de dimensiuni maxime pentru a obține astfel module de deformație cît mai ridicate și tot odată coeziunea amestecului reclamată de stratul de uzură.

Aceasta este justificat dacă ținem seama că prin uzura produsă de circulație după darea în exploatare a îmbrăcămintii, procentul fracțiunilor fine sporește contribuind la îmbunătățirea compactității amestecului și a coeziunii, fără a depăși limitele superioare ale procentului de materiale

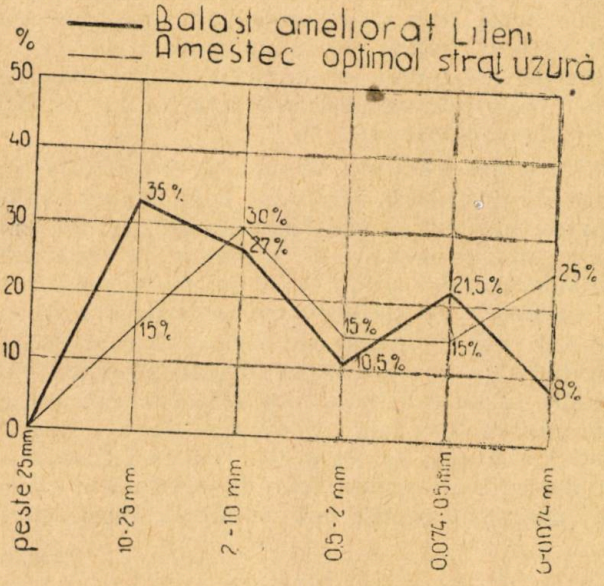


Fig. 4

argilo-prăfoase de la care amestecul ar deveni nestabil în condițiile de umiditate sporită. Aceste observații au fost verificate în practică cu balastul de Liteni ameliorat pe porțiunea experimentată de pe drumul național Tg. Frumos — Strunga în condițiile de climat și circulație atătate mai sus.

La executare, încărcarea cu balast a drumului s-a făcut pe o lățime de 5 m cu 400 m^3 balast pe km după sacrificarea și reprofilarea vechiului macadam de piatră calcară slabă ce a devenit asfel fundație a stratului de uzură din balast ameliorat.

Comprimarea betonului argilos din stratul de uzură făcută parțial prin cilindrare s-a desăvîrșit după primele 2 luni de circulație. Experiența a arătat că procentul de 8% material fin (praf și argilă) conținut în balastul de Liteni ameliorat este suficient pentru legarea scheletului mineral și pentru asigurarea coeziunii și pe timp uscat.

3. Concluzii

După experimentarea sistemului de beton argilos în condiţiile de circulaţie şi de climat arătate, se desprinde posibilitatea folosirii balastului de Liteni ca material convenabil pentru alcătuirea stratului de uzură la drumuri cu circulaţie mixtă. Se obţine astfel o cale elastică netedă şi stabilă, atît în anotimpul ploios cît şi pe timpul verii şi care oferă în plus posibilitatea de a fi întreţinută în condiţiuni economice prin uşoare nivelări periodice, cu lama grederului.

Operaţiile pentru ameliorarea balastului se reduc la îndepărtarea granulelor peste 25 mm şi adăugarea la cilindrare a fracţiunilor deficitare, nisipoase-prăfoase-argiloase, folosindu-se în acest scop argila nisipoasă din zona drumului.

In comparaţie cu curbele de amestecuri optimale date de literatură, experienţa arată prin verificarea sub circulaţie într-un timp mai îndelungat că se pot obţine rezultate bune majorînd sortul mare din betonul argilos de 10-25 mm, cu condiţia micşorării sortului mijlociu de 2-10 mm, păstrîndu-se tot odată la limita inferioară procentul fracţiunilor argilo-prăfoase (fig. 4).

Aceste din urmă fracţiuni se măresc procentual ulterior datorită uzurii produsă de circulaţie, fără însă a se depăşi limitele peste care amestecul devine nestabil la creşterea umidităţii în amestecul ploios.

Studiul de faţă urmează a fi continuat de colectivul nostru prin luarea în considerare şi a altor balasturi ce se găsesc în regiune, precum şi prin aplicarea lor pe sectoare de drumuri în condiţii deosebite de circulaţie, sol şi climat. De asemenea este deosebit de important să determinăm prin măsurători directe pe teren variaţia modulului de deformaţie în straturile rutiere alcătuite din betoane argiloase cu limite diferite pentru agregate (25-40 mm pentru stratul de uzură, 60 mm la fundaţie). Aceasta se va putea realiza folosind metoda şi aparatura pentru determinarea modulului de deformaţie care se studiază de către oamenii noştri de ştiinţă sub directiva Academiei R.P.R.

Catedra de Drumuri

BIBLIOGRAFIE

1. Иванов Н. Н., **Строительство автомобильных дорог**, ч. I, Дориздат, Москва, 1948.
2. Орнашский Н. В., **Курс грунтовых дорог**, Гострансиздат, Москва, 1933.
3. Волков М. И., Геллер В. О., Засобин А. Ф., Пантелеев Ф. Н., **Дорожные строительные материялы**, Дориздат, Москва. 1948.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИ ГРАВИЯ ДОБЫТОЙ ИЗ РУСЛА СИРЕТА (В ЗОНЕ ЛИТЕНЬ) ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

(Краткое содержание)

Описывается метод использованный для улучшения качества смеси гравия добытой из русла Сирета, около Литень, для применения ея в дорожном строительстве, как местный дешёвый материал.

Улучшение смеси гравия, предназначенной для поверхностного до-

рожного слоя, достигается исключением частиц размерами более 25 мм и добавлением, во время укатки поверхности дороги, 16% суглинков, которые находятся в зоне дороги, и которые содержат 52% пыли и глинистых частиц (менее 0,074 мм).

Смесь гравия, улучшенная таким образом, была использована, с хорошими результатами, на 8-ми километровом участке государственной дороги, Яссы-Роман. Интенсивность смешанного движения на этом участке — до 200 экипажей в день. Участок расположен в районе, сухом в летнее время, но с повышенной влажностью весной и осенью.

По сравнению с макадамом, который был использован раньше на этом участке дороги, и состоял из щебня мягкого известняка, улучшенная смесь гравия является эластичным и гладким покрытием, подходящим для движения автомашин, устойчивым при изменении влажности и которое может экономно содержаться простым периодическим профилированием ножем струга.

ÉTUDE SUR LE GRAVIER DE SIRETH (LITENI) EMPLOYÉ COMME MATERIEL ROUTIER

(Résumé)

Dans cette étude on décrit la méthode employée pour l'amélioration du gravier de Sireth (Liteni) afin qu'on puisse l'utiliser comme matériel local, convenable aux travaux routiers.

On obtient l'amélioration du gravier pour la couche d'usure par l'elimination des fractions au dessus de 25 mm et par l'addition pendant le cylindrage d'une quantite de 16% sol argilo-sableux qu'on trouve à coté de la route, dont les fractions au dessous de 0,074 mm représentent 52%.

Le gravier ainsi amélioré a été expérimenté avec de bons résultats sur un secteur de 8 km de longueur de la route nationale Jassy-Roman, ayant une circulation mixte d'environ 200 véhicules par jour ; ce secteur est situé dans une région trés umide pendant le printemps et l'automne et sèche pendant l'été.

En comparaison avec le vieux macadam qu'on utilisait auparavant sur cette section de route et qui était executé en pierre calcaire faible, le gravier amélioré donne une revêtement élastique et uni, bon pour la circulation automobile, stable aux variations de l'umidité et d'une entretien aisé par de légers passages périodiques au grader.

DEZVOLTAREA ÎNVĂȚĂMÎNTULUI TEHNIC SUPERIOR DIN MOLDOVA

DE

C. CALISTRU, AL. CHELĂRESCU, V. CORLĂȚEANU, TOMA FĂRCAȘ, D. MANGERON și GH. UNGUREANU [1])

Conferință ținută la ședința plenară de inaugurare a celei de a doua sesiuni științifice a Institutului Politehnic din Iași din 12-13 februarie 1955

La începutul lunii decembrie 1954, colectivul format din tov. profesori C. Calistru, Al. Chelărescu, V. Corlățeanu, Toma Fărcaș, D. Mangeron și tov. Gh. Ungureanu, de la Arhivele Statului din Regiunea Iași au fost delegați să întocmească un istoric al învățământului tehnic din Moldova, în vederea prezentării acestuia la cea de a doua sesiune științifică a Institutului Politehnic din Iași.

O asemenea lucrare nu se putea face complet în cele două luni disponibile, căci necesită studii de durată.

Literatura de Istoria științei și a tehnicii s-a înfiripat la noi, odată cu apariția primei publicații periodice închinată științelor matematice, fizice și chimice, scoasă la Iași, de un grup de profesori sub conducerea fostului rector al Universității C. Climescu, având titlul „Recreații științifice" (1883—1888). Ea este consolidată prin studiile cuprinse în cea dintîi comemorare de seamă a învățământului superior din patria noastră, înființat și el la Iași în 1835 (Volumul jubiliar de A. D. Xenopol și C. Erbiceanu, Serbarea școlară de la Iași. Acte și documente cu ocazia împlinirii a 50 de ani de la înființarea învățământului superior din Moldova).

Astăzi, studii de Istoria științei și a tehnicii ce cuprind și istoricul învățământului superior, promovate la București de regretatul prof. Ion Ionescu, în paginile „Gazetei Matematice", se fac la Iași de diferite colective conduse sau inspirate cu deosebită competență și un entuziasm de admirat de tov. academician A. Myller, sărbătorit astăzi la Iași, cu ocazia împlinirii a 75 ani. La Cluj atare studii se fac de colectivul condus de tov. prof. V. Marian. Aceste preocupări încep să devină o prețioasă tradiție în Republica Populară Romînă, încadrîndu-se în munca de valorificare a patrimoniului istoric al țării noastre, în programul de lucru al Academiei. Menționăm că în cadrul filialei din Iași, colectivul format din tov. prof. C. Gh. Bedreag și Teofil Vescan se ocupă cu studiul istoriei fizicii din Moldova.

Jaloanele studiilor făcute referitor la istoria dezvoltării învățământului arată apariția la romîni pentru prima oară în Moldova a învățământului tehnic cu caracter superior. Acest învățământ bazat pe eforturi susținute și pe o valoroasă tradiție, perturbate adînc și dureros de vicisitudinile timpurilor, ce fac ca uneori învăță-

---

1) Extras dintr-o lucrare monografică consacrată Istoricului dezvoltării învățământului tehnic superior din Moldova, elaborată de același colectiv și destinată să apară în altă parte. Bibliografia parțială ce stă la baza acestui extras este reprodusă la finele articolului.

mîntul superior din Moldova şi în consecinţă şi învăţămîntul superior tehnic — mult mai tînăr şi în întreaga lume, în comparaţie cu învăţămîntul teoretic — să sufere întreruperi din cauza evenimentelor istorice ce se produc în principatul Moldovei sau este restrins şi sacrificat după unirea Principatelor şi stabilirea capitalei ţării la Bucureşti.

In cele ce urmează se comunică numai un scurt istoric al învăţămîntului tehnic din Moldova. Bibliografia folosită cuprinde cea mai mare parte din lucrările speciale relative la învaţămîntul tehnic superior din ţara noastră precum şi o serie de date furnizate de tov. Gh. Ungureanu în urma cercetărilor întreprinse la Arhivele Statului.

La Şcoala Palatină de sub Alexandru cel Bun, existentă poate şi sub Ştefan cel Mare şi în şcoalele latineşti sau în cele slavoneşti, care ar fi existat între secolele al XIV-lea — XV-lea în diferite locuri din Moldova şi Muntenia, activitatea matematică şi tehnică se reducea — după puţinele date de care se dispune — în cazul cel mai bun, la învăţătură sau la calcule. De începuturile unui învăţămînt tehnic nici nu a putut fi vorba. Nu putem nega, însă, existenţa unei preocupări de învăţămînt profesional tehnic pe lîngă curţile domneşti din perioada aceea (construcţie de cetăţi, case, biserici, poduri, meşteşuguri ceramice, etc.).

Totuşi, dezvoltarea mare a ştiinţelor ce urmează renaşterii a avut repercursiuni şi în ţara noastră. Astfel, graţie marelui poet şi învăţat umanist Sommer ni s-au păstrat informaţii ample despre cea dintîi încercare de creare a unei şcoli latine foarte moderne pentru acea epocă, preludiul unui învăţămînt superior în faşă, în Moldova veacului al XVI-lea. E vorba de şcoala înfiinţată de Ion Vodă Despot în 1562 la Cotnari — centru populat, al doilea ca mărime după capitala ţării, Suceava. Despot Vodă cult şi inteligent, autor a patru volume de artă militară, fost profesor de matematică la Academia din Rostock, ajuns Domn al Moldovei caută să-şi formeze o curte cultă după modelul celor cunoscute de el în apus. Aduce pe saxonul Sommer ca director al acestei şcoli, invită pe eruditul Gaspar Peucer, încearcă să zmulgă de la Universitatea din Cracovia pe renumitul matematician Georg Rhaeticus iar din insula Chios chiamă pe profesorul copilăriei sale, cunoscutul dascăl Hermodoros. Dacă mai adăugăm caracterizarea dată lui Despot de către Melanchton, că avea pricepere în Matematică, ne putem da socoteală că Matematica, această bază teoretică a întregii tehnici, ar trebui să aibă un rol important în această şcoală umanistă, ce reprezenta prima strălucire a noii culturii mari progresiste a Renaşterii, orientată de cultul artelor, literelor şi ştiinţelor, la care intenţiona să aducă elevi din toată ţara şi să le dea educaţie şi întreţinere din vistieria Statului. Intenţiona să creeze şi o bibliotecă „Lucru cel mai de preţ pentru un principe". Uciderea lui Despot (1563) şi opunerea condusă de cler faţă de o asemenea instituţie, fac ca şcoala să nu dea promoţie. Desfiinţarea rapidă a şcolii a însemnat — cel puţin pentru o lungă perioadă de timp — actul de a împiedica poporul romîn să se încadreze în marea mişcare culturală a epocii şi, prin aceasta, de a întîrzia atît progresul cultural al neamului nostru cît şi multe realizări ce s-ar fi putut obţine şi pe alte planuri : politic, economic, etc.

„Schola latina" de la Cotnari, privită ca şcoală teoretică, menită a se dezvolta în imediata vecinătate şi sub adînca înrîurire a unui număr de învăţaţi aleşi din cele mai proeminente personalităţi ale epocii, apare ca o instituţie care pregăteşte şi ne anunţă preocupări de a dota Moldova cu o Academie sau Universitate. Dar acest eveniment din nefericire a trebuit să fie amînat cu mai bine de 150 ani, cînd se întemeiază Academia Domnească pe trunchiul Colegiului Vasilian.

Despre încercările imediat ulterioare de reînfiinţare de şcoli de seamă, se cunoaşte şi mai puţin. Ele apar deci de o însemnătate mai redusă.

Cu sorţi mult mai mari de izbîndă decît Şcoala dela Cotnari se crează de către Ştefan Bathory, în împrejurări istorice mai favorabile, la un interval de abia de 17 ani după şcoala dela Cotnari, în 1579, prima şcoală de învăţămînt superior din Ardeal, sămînţă bună a Universităţilor „V. Babeş" şi „I. Bolyai" din Clujul de astăzi.

In prima parte a secolului al XVII-lea, iezuiţii poloni deschid colegii la Iaşi şi Cotnari predînd tinerilor moldoveni limbile mai importante şi „Artele liberale" între care erau desigur aritmetica, geometria şi astronomia, însă abia după aproape un secol dela încercarea lui Despot se încearcă din nou crearea unor şcoli mai de seamă. In 1640 se înfiinţează Colegiul lui V. Lupu dela Iaşi, cu caracter

latino-grec, după modelul Academiei de la Kiev, creiată și construită de Petru Movilă.

Peste 38 de ani după înființarea instituției de învățămînt de la Iași, se organizează și Colegiul lui Șerban Cantacuzino la București (1678), după model apusean. Aceste școli erau destinate exclusiv boerimii. După cît se pare studiul științelor, al „artelor liberale", ocupă un loc mai puțin însemnat. Școala domnească vasiliană trece prin multe prefaceri. Uneori nu mai poate funcționa și trebuie sforțări repetate ale domnilor următori pentru restaurarea ei. Cu timpul ea capătă formă de Academie domnească, în care cursurile elementare se îmbină cu studiul învățăturilor înalte, predate mai ales în limba greacă sub influența conducerii fanariote și curentului ce sufla viguros din importantul centru cultural care este Academia greacă din Constantinopol.

In această perioadă, datorită faptului că nu ne putem mîndri ca alte popoare mai norocoase cu o tradiție științifică făurită în veacuri de liniște și prosperitate, producția științifică din țara noastră a fost sporadică. Pe cînd în alte părți, se frămîntau adînci probleme filozofice și științifice, pe meleagurile noastre dascălii greci instruiau boierimea — în ceea ce privește științele matematiee — cel mult cu Elementele lui Euclid.

La începutul sec. al XVIII-lea, în timpul domniilor fanariote, școlile din Iași și București au fost reorganizate devenind însă exclusiv grecești. Cu această reorganizare, ca și cu crearea altora în Peninsula Balcanică — prim pas către renașterea politică a grecilor — se ocupă îndeaproape Chrisant Notara, om cult, educat în Franța și Anglia și autor al cunoscutei opere „Introducere în cele geografice și sferice" (Paris 1716).

Datorită lui, Academiile din principatele romîne au avut un program comparabil cu cel al unora din universitățile străine, devenind acele „vetre de lumini" pentru care încep a se imprima în grecește cărți și tratate la Iași încă din 1939 și la București, din 1650, continuîndu-se astfel pînă la 1820 și mai departe. Se predau : aritmetica, geometria, algebra (cu logaritmi), trigonometria, astronomia și aplicații practice (agrimensura).

Academia din Iași, întărită pe baza reformei școlare înfăptuită de învățatul principe Grigore Alexandru Ghica, în „Academie domnească a învățăturilor și epistimiilor (științe pozitive)", este prevăzută cu o bibliotecă, deservită din prisosul veniturilor și cu un început de muzeu-laboralor de „organe matematice", prin care trebuie să înțelegem instrumentele de geodezie și de aplicare practică a matematicii (inginerie). In 1766 se înființează la Iași, pentru prima oară în principate, și „casa școalelor".

Această Academie ca și acea din București folosește ca bază de pregătire tehnico-științifică traduceri în grecește și tratate compilate după unele cărți de matematică reputate în occident, ca, de pildă, compilația grecească de aritmetică și geometrie făcută de rectorul și profesorul școlii din Iași Nichifor Teotokis după „geometrul practic" Gafent (ceea ce ne face să credem că era vorba de un manual de inginerie hotarnică), tratatul de trigonometrie plană și sferică, tradus după Scott prin 1771.

Pentru alte discipline științifice ca fizica, chimia, științele naturale, Biblioteca Centrală a Universității Iași posedă cîteva manuscrise.

In ultima fază a Academiei grecești din Iași, întîlnim pe învățatul profesor Dimitrie Gobdela care tipărește la Halle în 1808 o algebră pusă la curent cu cele mai moderne cercetări, iar la Iași, o aritmetică.

In al treilea sfert al sec. al XVIII-lea, școalele elementare în limba romînă căpătaseră o oarecare dezvoltare. Pentru deservirea lor, se publică cărți în romînește. Intre ele, trebuie să menționăm prima aritmetică tipărită în principate. Este cea a lui Amfilochie, apărută în Iași în 1795.

In pragul sec. al XIX-lea, în faza ascendentă a capitalismului, intensificarea relațiilor comerciale cu străinătatea, creșterea rentabilității pămîntului, fărămițarea (prin moștenire) a moșiilor și atitudinea tot mai dîrză a micilor proprietari (răzeși) împotriva acaparării pămînturilor lor de către boierime, făcuseră ca procesele de încălcări de pămînt să copleșească divanurile de judecată. Nevoia de ingineri hotarnici care să poată lucra pe teren în alegerea părților de pămînt rupte de către boierime din moșiile răzești, de cele mai multe ori prin vicleșug și silnicie decît prin bună tocmeală, era așa de mare încît, cu toată opoziția dascălilor greci, între care renumitul și deja citatul Gobdela, pe vremea domniei

lui Alexandru Moruzi se face o reformă prin care ştiinţele capătă un loc încă mai important.

In acest timp se simţea nevoia de construcţii în oraşe, mai ales în Iaşi. Boierimea începe să-şi lase moşiile în administrarea vechililor şi a arendaşilor, stabilindu-se la Iaşi, sediul curţii domneşti, amestecîndu-se în politică şi comerţ. Focurile dese care mistuiau clădirile făcute în pripă au arătat boierilor că trebuie să-şi facă case de zidărie. Luxul i-a îndemnat a le face mari şi arătoase. Apare deci nevoia de arhitecţi pe lîngă calfele de pietrari locali cari nu mai satisfăceau marile cerinţe ale zidirilor mari şi luxoase. Anaforaua mitropolitului Iacov al II-lea Stamate pentru reforma şcolilor din Moldova spune „O Academie fără epistimuri este ca o casă fără ferești"... şi „Şcoala aceea unde nu este nici un loc deosebit pentru geometrie nici şcoală cu dreptate nu se numeşte".

Este de remarcat că o Şcoală Politehnică în sensul modern al cuvîntului se face la Paris după revoluţia din 1789, datorită deosebitului talent organizatoric al marelui matematician Gaspard Monge, iar primele şcoli de învăţămînt tehnic superior cu destinaţie specială se fac la Freiburg (de mine la 1745) şi la Petersburg (de silvicultură, în 1803). Facultăţile de Electrotehnică, de Chimie Industrială şi de Agrotehnică, apar abia în secolul al XIX-lea. La noi în 1850 apare în proiect prima Şcoală Politehnică din ţară, aceea dela Iaşi.

Prima Şcoală de ingineri hotarnici şi de „ingineri civili" este înfiinţată în Moldova la Iaşi de Gheorghe Asachi (1814). Era „un clas de inginerie şi de hotărnicie în limba romînă", alipit pe lîngă Academia grecească. Era cea dintîi biruinţă a lui Asachi pe terenul cultural. Aceasta se stabilea prin hrisovul lui Calimachi din 15 noiembrie 1813. Astfel în 1963 se va putea sărbători la Iaşi 150 de ani dela înfiinţarea de fapt a învăţămîntului tehnic superior.

O şcoală de anvergură mai redusă, destinată formării de ingineri hotarnici, se înfiinţează peste 5 ani după aceea dela Iaşi şi în Muntenia de Gheorghe Lazăr, în 1818. Astfel pentru prima dată, ştiinţele matematice şi începuturile de ştiinţe tehnice — în formă întrucîtva superioară — se predau în săraca limbă a pămîntului. In luptă cu şcoala grecească şi, prin aceasta, într-o serioasă concurenţă, se naşte ca urmare a unei nevoi concrete, şcoala romînească mai realistă, mai practică. Şcoala lui Asachi, deschisă mai devreme, reuşeşte să scoată o promoţie de absolvenţi în 1818. Printre aceşti tineri se numără şi cunoscuţii ingineri hotarnici şi „geometri" Osvald Scarlat, Costache Gheţu şi Petrache Asachi. La examenul general din 18 iunie 1818 se expun planuri topografice, arhitectonice şi de fortificaţie, se examinează elevii şi se acordă atestate de inginer absolvenţilor. Cursurile lui Asachi continuă şi după 1818, deşi mult mai puţin frecventate. In 1820 eforii arătau că „şcoala grecească mistuia toate veniturile şcolii naţionale şi pentru moldo-rominul şi limba lui nimic nu rămăsese romînesc decît acea cerşută graţie, care în limba romînească să înveţe matematica teoretică cu aplicaţie la geodezie şi arhitectură". Şcolile lui Asachi şi Lazăr s-au întrerupt odată cu revoluţia din 1821.

Reînceperea şcolii Vasiliene în 1828, prin strădania aceluiaşi neobosit cărturar al timpului Gheorghe Asachi continuă vechea Academie cu o nouă organizare „mai întemeiată şi înflorită pentru dreapta luminare a neamului prin paradosirea tuturor claselor învăţăturii şi a folositoarelor epistimii în limba romînească". In 1830 „Albina Romînească" şi „Curierul Romînesc" menţionează succesul examenelor de fine de an al şcolii Vasiliene din Iaşi. In circulara Divanului către ispravnici din 22 decembrie 1831 se spune în legătură cu înfiinţarea şcolilor şi recrutarea elevilor: „iar alţii avînd talent şi mijlocire să poată păşi în Academia Iaşului, către mai înalte învăţături întrebuinţîndu-le spre folositoare meşteşuguri şi industrii aducătoare obştei şi în particular statornicirea fericirii".

Dacă acest învăţămînt nu şi-a atins pe deplin obiectivele, experienţa sa a fost un îndreptar la organiza ea şcolii Regulamentului organic; Academia Mihăileană, prima şcoală de Stat şi nu şcoală din milă domnească. Regulamentul Organic, pentru redactarea căruia pleacă la Bucureşti în iulie 1829 Gheorghe Asachi ca secretar al comisiei moldovene, prevede o deosebită dezvoltare a ştiinţelor pozitive şi în special a ştiinţelor matematice.

In curînd se reia şi firul întrerupt al învăţămîntului aplicat. Gheorghe Asachi, devenit referendar al şcolilor moldovene, anunţă la 22 aprilie 1830 începerea cursurilor de topografie ale profesorului Gheorghe Filipescu, iar spre sfîrşitul aceluiaşi an, librarul Ion Boguş avea de vînzare stampe arhitectonice.

Lipsa profesorilor îngreuiază mult dezvoltarea învățământului științific. In vederea organizării lui, epitropia în publicația din 18 februarie 1832 arată catedrele vacante pentru care avea nevoie de profesori. Intre altele găsim :

– catedra de științe matematico-teoretice, fizică teoretică și experimentală, chimie și istorie naturală;

– catedra de științe matematice practice, arhitectură civilă, hidraulică, mecanica facerii drumurilor și a podurilor.

Cursurile Academiei Mihăilene se deschid în toamna anului 1835. Academia Mihăileană din Iași și Colegiul Sf. Sava din București — creații ale Regulamentului organic — au reușit să dea elemente bine pregătite. Dacă vechea Academie grecească din Iași a dat pe un Nicolae Milescu, ambasador al țarului la Pekin și cunoscut om de știință, Academia Mihăileană a dat pe Dimitrie Asachi, matematician, inginer, geograf și literat.

Regulamentul școlar, aprobat la 15 iunie 1835 de domnitorul Mihail Sturza și inspirat de intențiile înnoitoare ale generalului Kiselef, prevedea 3 facultăți : filozofie, drept și teologic ; două cursuri extraordinare ; geometrie practică și economie rurală, cît și un institut tehnic în care să se predea între altele desenul arhitectonic și geometric. Absolvenții cursurilor de matematică aplicată obțineau diploma de inginer civil, atare diplome fiind primele în principate. Același regulament prevedea ca după 12 ani de la promulgarea lui, titlul de inginer civil va fi necesar pentru a putea ocupa funcțiuni la Stat.

Pentru a putea funcționa efectiv cursurile de matematică aplicată (inginerie), Comitetul academic ia o serie de măsuri ca : procurarea „instrumenturilor de matematică și de inginerie neapărate la începutul cursurilor", tipăriri de cursuri și trimiterea unui număr de tineri pentru studii de specialitate în străinătate,

In urma reorganizării prevăzute de regulament, a măsurilor luate și a reintoarcerii bursierilor din străinătate, învățământul superior aplicat se realizează efectiv, în cadrul Academiei Mihăilene și se dezvoltă vădit.

In 1837 s-au ocupat o serie de catedre de către : N. Singurov primul profesor de inginerie, Al. Costinescu, profesor de inginerie civilă, care preda ingineria practică și arhitectura, Th. Stamate, profesor de fizică teoretică și experimentală și înaltă matematică, Dimitrie Asachi, primul romîn care a publicat o lucrare originală de matematică (1891) care preda matematica la clasa de arhitectură,[1]) Constantin Zefirescu, care preda chimia și tehnologia chimică. Aceste cursuri constituie simburile din care a răsărit în 1910 primul învățământ superior tehnic modern din țară, în cadrul Universității din Iași : de Electrotehnică, Chimie Tehnologică și Chimie Agricolă.

Printre realizările cursurilor de „Matematică aplicată" menționăm că profesorul Al Costinescu a predat pentru expoziția publică a examenului semestrial din iarna anului 1843 :

a) planul unei școli publice cu profil, etc. ;

b) arcul Academiei, construit pentru a permite să se facă circulația interioară între vechile clădiri ale Academiei Mihăilene, dărămat în 1890 cu prilejul construcției noii clădiri a Liceului Național, astăzi L. B 1.

c) O fabrică de hîrtie ;

d) O fabrică de sticlărie cu deviz și descriere ;

e) Institutul de înot cu băi, grădinițe etc. ;

f) Planuri de poduri, etc.

Un fapt important se petrece în 1843. Noul proiect de organizare a învățământului superior separă cu totul predarea științelor teoretice de al științelor tehnice.

Primele se predau în Facultatea de Filozofie anul I : algebra și geometria, anul II : fizica și ramurile ei,

Științele tehnice se grupau în cadrul materiilor extraordinare, avînd două ramuri : ingineria civilă și agronomia. Ramura de inginerie civilă avea următorul program de studii :

Anul I : algebra, geometria practică și teoretică, teoria arhitecturii civile, desenul perspectoriu, și facerea de planuri geometrice și arhitectonice.

Anul II : hidraulica, mecanica, urmarea arhitecturii, știința drumurilor, astronomia populară, urmarea desenului geometric și arhitectonic,

---

1) Menționăm cu titlul de curiozitate că Dimitrie Asachi a imaginat impozitul pe „burlăcărit" (de care duhliul Creangă făcea atîta haz).

In 1845 începe un val de persecuţie împotriva predării în limba romînă, dezlănţuit de boierii speriaţi că prin luminarea mojicimii îşi pierd privilegiile. Asachi numeşte reforma proiectată în acest sens în anul 1846 „o fatală lovire în dezvălirea învăţăturii naţionale". Învăţămîntul tehnic superior se destramă odată cu desfiinţarea Academiei Mihăilene, care va fi înlocuită pentru cîtva timp de institutul francez al profesorului A. Malgouverné.

In Muntenia la Colegiul Sf. Sava se predau discipline cu caracter teoretic, ca matematicile, ştiinţele fizice, filozofia, etc. Deşi la Bucureşti existau ingineri de vază ca Petrache Poenaru, care studiase în Austria, Franţa şi Anglia, nu se înfiinţează încă în această perioadă cursuri de inginerie.

Colegiul Sf. Sava se desfiinţează în 1847 ca şi Academia Mihăileană, înlocuindu-se cu Colegiul francez condus de Monthy,

Reacţiunea din şcolile din principate a fost înlăturată de revoluţia din 1848. In 1849 se desfiinţeaza Institutul francez din Iaşi condus de Malgouverné şi se trece la elaborarea unui „nou şezămînt" al şcolilor moldovene.

Mihail Kogălniceanu întocmeşte la începutul anului 1850 un proiect de organizare la Iaşi a unei „Şcoli de aplicaţie pentru drumuri, poduri şi zidiri". Absolvenţii urmau să fie trecuţi în corpul arhitecţilor şi al inginerilor.

Acesta este primul proiect al unei şcoli politehnice din ţara noastră.

Proiectul nu este realizat din cauza prevederilor noului regulament şcolar promulgat de Grigore Alexandru Ghica la 1 Ianuarie 1851. Acest regulament pentru reorganizarea învăţămîntului public prevedea ca Învăţămîntul ştiinţelor aplicate să fie înglobat în cursurile Facultăţii de Filozofie.

Intr-adevăr, Facultatea de Filozofie era împărţită în două secţiuni din care secţiunea a doua cuprindea următoarele cursuri, împărţite pe trei ani:

a) Matematica înaltă şi geometria;
b) Fizica experimentală cu aplicaţiile matematicii;
c) Chimia;
d) Istoria naturală cu toată cuprinderea ei şi geologia;
e) Mecanica teoretică şi aplicată la maşini;
f) Tehnologia;
g) Arhitectura, facerea de şosele, poduri şi ziduri;
h) Desenul topografic de maşini şi de construcţii.

Tendinţa organizatorilor învăţămîntului superior din Iaşi din anii 1850-1851, se poate deduce foarte clar din compunerea cursurilor de mai sus. Ei nu voiau să separe învăţămîntul tehnic superior de Academia reorganizată.

Se păstrează astfel tradiţia de a conserva învăţămîntul tehnic superior în cadrul Academiilor. Pe aceiaşi linie în regulamentul de funcţionare a primei Universităţi din ţară, înfiinţată de Al. I. Cuza la Iaşi în 1860, se prevedea că în cadrul Facultăţii de Filozofie să se predea:

Anul I: analiza superioară, calcul diferenţial şi integral, geometrie descriptivă, trigonometrie sferică, geometrie analitică cu trei dimensiuni, fizică;

Anul II: geodezia, chimia, geometria descriptivă, mecanica şi tehnologia mecanică;

Anul III: aritmetica cu desenul respectiv, chimia, astronomia şi hidrotehnica cu desenul respectiv.

Pentru a sublinia spiritul ce diriguia legislaţia şcolară a lui Cuza, reproducem un pasagiu din mesagiul domnesc rostit în Adunarea electivă la 6 decembrie 1859: „în scurt, pentru ca să rezum ideile mele asupra acestui obiect, eu doresc ca, într-un viitor apropiat un doctor în agronomie (şi firească în general un doctor în ştiinţele aplicate) să ajungă în ţară la aceeaşi considerare şi avantagii materiale, precum ar putea ajunge un doctor în litere".

Traducerea în viaţă a prevederilor regulamentului de funcţionare a Universităţii din Iaşi, referitoare la învăţămîntul tehnic superior, s-a putut face abia cu începere din 1900 şi oficializată de Minister în 19.0.

După unire, în ianuarie 1862 se face un singur Minister al Învăţămîntului la Bucureşti. Aici se înfiinţează la 1864 Universitatea, la 1867 „Şcoala de Poduri, şosele şi mine", reorganizată în 1881 în „Şcoală Naţională de Poduri şi Şosele" şi care în 1920 devine Şcoală Politehnică.

Facultatea de ştiinţe din Iaşi, avea de la înfiinţare o catedră de fizică, care în 1897 — 1898 este scindată, electricitatea şi căldura formînd obiectul unei noi catedre. Primul profesor în această specialitate la Iaşi este Dr. Dragomir Hurmuzescu.

Cursul de deschidere al anului şcolar 1901—1902 este făcut de profesor

Drag. Hurmuzescu, ca delegat al Facultății de Științe și tratează despre „Dezvoltarea științelor și progresul social". In conferința ce dezvoltă, el insistă asupra necesității ca Universitățile să se ocupe și de aplicațiunile practice în afară de învățământul teoretic. Propune, între altele, să se țină lecțiuni de electricitate industrială la cursul de Electricitate, despre Chimie tehnologică și Chimie agricolă la cursul de Chimie, etc.

Astfel, N. Culianu dă la lumină cel dintîi tratat de matematici superioare în românește, iar C. Climescu o geometrie analitică.

Ing. Sterian ține un curs de arhitectură cu studenții Facultății de Științe din Iași în una din Sălile Universității. In anul 1903|1904 Facultatea de Științe din Iași are printre cursurile sale anexe: Dr. I. Simionescu, geologia petrolului, An. Obregia, tehnologia petrolului, P. Poni, studiul chimic al petrolului, Dr. Drag. Hurmuzescu, aplicațiunile industriale ale electricității. Cursurile și lucrările practice semnalate în acest interval de timp 1900/1903, reprezintă în starea redusă, însă adaptată întrucîtva la progresele tehnice ale vremurilor, vechiul învățămînt inginerese al Academiei domnești din Iași dinainte de 1860. Acest învățămînt este totodată începutul organizării învățămîntului tehnic superior în forma lui actuală în țara noastră.

In aprilie 1905 Consiliul Facultății de științe a Universității din Iași cere înființarea catedrelor de chimie agricolă și chimie tehnologică, aceasta urmînd a fi punctul central al viitoarelor secțiuni aplicate în aceste specialități. Tot în vederea organizării învățămîntului aplicat, la 1 aprilie 1905 se înființează Atelierul de pe lîngă Universitatea din Iași, conducerea fiind încredințată profesorului de Electricitate. De la noiembrie viitor electricitatea industrială va avea un conferențiar, iar în laborator s-au prevăzut săli speciale cu instalații proprii pentru studiul Electrotehnicii.

Cu timpul, încercările fructuoase începute de fapt în 1900, întărite în 1904/1905 prin aprobarea și consacrarea de către autoritatea superioară a punctului de vedere al necesității catedrelor de chimie agricolă și chimie tehnologică, conduc la legalizarea întîi a Școlii de Electricitate de pe lîngă Facultatea de Științe din Iași, (toamna anului 1910), devenită apoi Institut Electrotehnic universitar. La aceasta se adaugă după multe sforțări de a se legaliza și celelalte secțiuni aplicate ale Facultății de Științe, experimentate cu un vădit succes timp de mai bine de un deceniu, secția agricolă (anul școlar 1912/1913) și în anul următor ia ființă legală și secția de chimie tehnologică. Astfel că din acest an Universitatea ieșeană are trei secții de științe aplicate pe lîngă Facultatea de științe.

In primul an s-au predat următoarele cursuri: prof. Dr. Drag. Hurmuzescu, Electricitate industrială; Dr. C. Bedreag, Telegrafie și Telefonie; prof. P. Bogdan, Electrochimie; Prof. V. Butureanu, Electrometalurgie; Ing. T. Luca, Curs general de mașini și curs de centrale și distribuții; Șef de laborator N. Patriciu, Conferințe și exerciții de măsuri în laborator; Prof. D. Pompeiu, Mecanica aplicată și Ing. Iustin Virlănescu, Curs de măsuri și încercări de mașini.

Primii absolvenți au ieșit în 1914.

In 1913 Școala de Electricitate devine Institut Electrotehnic depinzînd de Facultatea de Științe și avînd trei ani de studiu. In 1911 se adresează un memoriu de către prof. Paul Bujor, A. Popovici, I. Simionescu și Haralamb Vasiliu, pentru înființarea unei secții de Chimie agricolă. Această secție începe să funcționeze efectiv în anul școlar 1912–1913.

In 1913, ia ființă a treia secție aplicată, anume Chimia Tehnologică. Cursurile generale se predau de profesorii Facultății de Științe, iar cursurile de specialitate, adică Chimia Tehnologică, de Prof. Cristea Otin.

In 1918 în regulamentul ce apare se prevedea durata cursurilor pe trei ani și diplomă de licență în Științele aplicate cu titlul de inginer în specialitatea respectivă. In 1923 se trece la durata de studii de patru ani.

In 1937 în urma concentrării învățămîntului tehnic superior în politehnici, Institutele tehnice de pe lîngă universități se desființaseră. Institutele tehnice se reorganizează sub formă de Școala Politehnică „Gh. Asachi".

O nouă lege de modificare a învățămîntului superior survine la 4 noiembrie 1938. Prin această lege Politehnicile sînt puse pe picior de egalitate cu Universitățile, secțiunile transformîndu-se în facultăți. Politehnica noastră are trei facultăți: Electrotehnica, Chimia Industrială și Agronomia.

Se trec la Politehnică vechile cadre ale Facultății de Științe: Chimia tehno-

logică profesor Cristea Otin şi Chimie fizicală şi analitică profesor Radu Cernătescu. Se mai înfiinţează următoarele catedre transformate din conferinţe: Chimia tehnologică organică, Maşini electrice şi staţiuni centrale, Electricitate şi Electrotehnică generală, Fizica Industrială, Măsuri şi Instalaţii electrice, Rezistenţa materialelor şi Statica grafică.

Din corpul profesoral provenit de la Institute fac parte ca cei mai vechi: Academician Şt. Procopiu, Academician Radu Cernătescu, Gh. Alexa, Cezar Parteni, C. V. Gheorghiu, membru corespondent al Academiei R. P. R.

Prin Decretul din octombrie 1941, în urma hotărîrii guvernanţilor fascişti Politehnica din Iaşi este silită să se mute la Cernăuţi. Această hotărîre arbitrară duce la dezorganizarea învăţămîntului şi la mutarea lui dintr-un vechi centru de învăţămînt superior într-un centru dezlipit de tradiţia culturală tehnică necesară. După mutarea la Cernăuţi, în noiembrie 1941, se înfiinţează Facultatea de Construcţii.

In mai 1942, prin noua lege a învăţămîntului superior, Facultatea de Electrotehnică este transformată în Facultatea de Electromecanică. Politehnica are la cele patru facultăţi un număr de 38 catedre şi 29 conferinţe.

După eliberarea ţării noastre de către Armata Sovietică, în dezvoltarea Institutului nostru ca şi a celorlalte instituţii de învăţămînt a avut loc o schimbare hotărîtoare. Sub îndrumarea Partidului s-a trecut la aplicarea în cadrul Institutului nostru a reformei învăţămîntului. Printr-o muncă susţinută, în luptă cu lipsurile şi greutăţile moşteniri ale regimului burghezo-moşieresc, s-a păşit viguros la eliminarea rămăşiţelor dăunătoare ale trecutului, la lupta împotriva influenţei ideologiei şi culturii reacţionare burgheze.

In 1945 Politehnica „Gh. Asachi" se reîntoarce la Iaşi. Încă din anul 1945, în Iaşul distrus în timpul războiului se începe munca pentru refacerea clădirii, a sălilor de curs şi a laboratoarelor şi atelierelor. Personalul didactic, administrativ, tehnic şi studenţii contribuie cu entuziasm şi încredere la realizarea acestei acţiuni. Acest fapt a marcat începutul legăturii organice existente astăzi între şcoala noastră şi colectivul ei.

Refacerea clădirii vechi, construcţia unor noi săli de curs şi laboratoare, amenajarea de cămine, a asigurat spaţiul necesar dezvoltării Institutului nostru.

Din 1946, adică după o instalare cu totul aproximativă, Politehnica din Iaşi începe să publice o revistă de specialitate „Buletinul Institutului Politehnic Iaşi" care-i aduce, pe lîngă emulaţii şi îndemn înzecit la lucrul de cercetări în condiţii încă deosebit de grele, posibilitatea — nebănuită de nimeni pînă atunci — de a obţine *în schimb* publicaţii periodice de specialitate din diferite părţi ale lumii, al căror număr trece repede peste 1000 anual.

Prin reforma învăţămîntului (1948) Politehnica „Gh. Asachi" se transformă în Institutul Politehnic Iaşi. Profilul se modifică. Facultatea de Electromecanică se scindează în două facultăţi distincte: Facultatea de Electrotehnică şi Facultatea de Mecanică. In acelaşi timp Facultatea de Agronomie se desprinde fiind transformată în Institut separat.

Institutul funcţionează — după reformă — cu facultăţile de Chimie Industrială, Mecanică, Electrotehnică şi Construcţii *). In cadrul acestor facultăţi există în prezent 10 secţii de specializare şi anume: Tehnologia anorganică, Tehnologie organică, Celuloză, Pielărie (Facultatea de Chimie Industrială), Construcţii de maşini unelte, Construcţii de maşini şi utilaj în industria textilă, Mecano-energetică (Facultatea de Mecanică), Electrificarea industrială şi rurală (Facultatea de Electrotehnică), Drumuri şi Construcţii Civile (Facultatea de Construcţii) **).

Funcţionează 30 de catedre cu colectivele lor. Numărul studenţilor a crescut simţitor, marea majoritate fiind fii ai oamenilor muncii.

Baza materialo-tehnică a Institutului Politehnic este în continuă creştere.

Corpul didactic a desfăşurat o muncă susţinută pentru însuşirea marxism-leninismului, a limbii ruse, pentru cunoaşterea temeinică a marilor realizări ale ştiinţei sovietice. In cadrul colectivelor de catedră, a consiliilor ştiinţifice, a consfătuirilor se desfăşoară continuu lupta împotriva influenţei burgheze pentru ridicarea calităţii învăţămîntului. In lupta pentru ridicarea Institutului s-au con-

*) Astăzi şi Industrie Uşoară.

**) Prin planul de învăţămînt pe 1955-56, au survenit unele modificări.

tinuat și s-au dezvoltat cele mai bune trăsături progresiste din trecutul școlii noastre. Păstrîndu-se drumul profesorilor progresiști din trecut, colectivul instituției nu se mărginește numai la munca pedagogică, ci desfășoară și o rodnică activitate de cercetare științifică.

In munca de cercetare științifică a fost antrenat întreg corpul didactic al Institutului. Sesiunea științifică din anul trecut, cît și actuala sesiune indică o parte din realizările obținute.

Expunerea făcută arată cu prisosință că Institutul nostru are baze serioase pentru o dezvoltare temeinică.

In vederea păstrării tradițiilor progresiste din trecutul școlii noastre credem că este necesar să se organizeze sărbătorirea în anul 1960 a 50 de ani de existență a Institutului și în anul 1963 sărbătorirea a 150 de ani dela înființarea primei școli de inginerie din țara noastră, „Școala de inginerie și hotărnicie" a lui Gh. Asachi din Iași.

BIBLIOGRAFIE

1. A. D. Xenopol și C. Erbiceanu, Serbarea Școlară de la Iași, Acte și documente cu ocazia împlinirii a cincizeci de ani de la înființarea învățămîntului superior în Moldova, Iași; Tip. Națională, 1885, 412 pp.
2. Ion Ionescu, Istoricul învățămîntului ingineriei în Rominia, București, Cartea Românească, 1939, 175 pp.
3. .*. Anuarul Institutului Politehnic din Iași, 1937-1942. Editura Inst. Polit. Iași, Terek, 1944, 416 pp.
4. .*. De la Academia Mihăileană la Liceul Național, 100 de ani, 1835-1935. Iași, Institutul de Arte grafice „Brawo", 488 pp.
5. Cezar Parteni și C. I. Andreescu, Învățămîntul tehnic superior la Iași, 10 pp. Congresul AGIR, 1936.
6. A. Myller, I. Popa și D. Mangeron, Istoricul matematicii la romîni, elaborat din însărcinarea Institutului de Matematică al Academiei R.P.R. pentru Marea Enciclopedie Sovietică (în cadrul unei lucrări mai ample la care participă și alte colective).
7. C. V. Gheorghiu, Semicentenarul Laboratorului de Chimie organică de la Universitatea din Iași, Revista științifică, 28, 1942, 13 pp.
8. Ilie Popa, Un ieșan uitat: Dimitrie Asachi, Însemnări ieșene, 4, vol. 9, nr. 2, 4 pp.
9. A. Myller, Schița dezvoltării învățămîntului matematic la Universitatea din Iași. Revista științifică, Iași nr. 1, 1935, 9 pp.
10. Jean Livescu, Rolul societăților științifice din Moldova în dezvoltarea științei din țara noastră, Studii și cercetări științifice, I, 1950, nr. 1, 24 pp.
11. .*. Anuarele Universității din Iași.
12. .*. Revista generală a Învățămîntului (1905-1939).
13. .*. Recreații științifice (1883-1888), Iași, Editor prof. C. Climescu.
14. .*. Gazeta Matematică (1895-1948).
15. Teodor Cîmpan, Teodor Stamati primul fizician moldovean, Revista Fundațiilor, nr. 7, iunie 1940, 34 pp.
16. Florica Cîmpan, Primele cărți de algebră tipărite în românește, Academia R.P.R., filiala Iași, Studii și Cercetări științifice, VI, 1955, pp. 143-54.
17. Ștefan Procopiu, Două zeci și cinci ani de învățămînt la Secția Electrotehnică, Anuarul Univ. Iași, 1930-1935, Iași 1936. pp. 79-81.
18. P. V. Cazanacli, Ioan Popp, primul profesor de Geometrie analitică la Universitatea din Iași, Revista științifică, 16 1928, nr. 1, 8 pp.
19. .*. Un număr de documente ale epocii prezentate de tov. C. Ungureanu dela Arhivele Statului, Iași.
20. St. Bîrsănescu, Școala latină a lui Despot Vodă.
21. Al. I. Ciurea, Iacov Stamati (1749-1803), Țerek, Iași, 1946, 256 pp.
22. Труды по истории Естествознания и Техники Изд. А.Н. СССР.
23. Cristofor Simionescu, Petru Poni, fondatorul învățămîntului chimiei în Moldova. Comunicare prezentată la cea de a doua sesiune științifică a Inst. Polit. din Iași, din 12-13 februarie 1955.
24. V. A. Ureche, Istoricul Școalelor, vol. 2, București.

MAX ROSNER

1923 — 1955

Corpul didactic al Institutului Politehnic Iaşi anunţă şi pe această cale decesul tov. lector Rosner Max survenit în ziua de 13 iunie 1955.

Tov. Rosner Max în scurta perioadă în care a funcţionat la Catedra de Maşini Unelte a Facultăţii de Mecanică s-a impus ca un element capabil, cu bune posibilităţi didactice şi ştiinţifice.

Numit asistent la Catedra de Maşini Unelte în 1950 a fost promovat în funcţia de lector în anul 1952 unde a predat pînă la deces cursul de „Teoria aşchierii metalelor".

Paralel cu activitatea didactică dusă, s-a preocupat în mod deosebit cu înzestrarea şi montarea laboratorului de Maşini Unelte.

Inscris la aspirantură în 1953 şi-a promovat toate examenele de minimum de candidat, pregătind în acelaş timp şi teza de dizertaţie în cadrul căreia a publicat lucrări ce se situiază printre primele lucrări experimentale în domeniul teoriei aşchierii metalelor în ţara noastră.

Gh. Caşler

LISTA LUCRĂRILOR ŞTIINŢIFICE PUBLICATE DE MAX ROSNER

1. Cu privire la funcţionarea cutiei Norton în lanţurile cinematice pentru tăierea filetelor metrice şi Withworth, în colab. cu Gh. Caşler, Rev. Univ. „Al. I. Cuza" şi a Instit. Polit. Iaşi, t. I, 1—2, 1954, pp. 167—170.

2. Cu privire la influenţa vitezei de tăiere asupra rezistenţei stratului ce se desprinde la aşchierea rapidă a oţelurilor necălite, în colab. cu A. Simionescu, Metalurgia, ASIT, 1954.

3. Cu privire la influenţa vitezei de tăiere asupra schimbării proprietăţilor mecanice ale stratului desprins la aşchierea oţelurilor necălite, în colab. cu A. Simionescu şi C. Ciochină, Bulet. Instit. Polit. Iaşi, serie nouă, t. I (V), 1955, pp. 417 431.

4. Două metode ameliorate de măsură a temperaturii la strunjire, comunicare prezentată la cea de a II-a sesiune ştiinţifică a Institutului de mecanică, Or. Stalin, din 14—15 mai 1955.